

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UNA METODOLOGÍA NO TRADICIONAL  
PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO DE MERCADO DE UN PORTAFOLIO  
CONSERVADOR DIVERSIFICADO EN EL MERCADO DE VALORES  
COLOMBIANO**

**KELLY DANNITZA DOMÍNGUEZ JIMÉNEZ  
YEISON CAMILO MOYA PATIÑO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
RISARALDA  
2020**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UNA METODOLOGÍA NO TRADICIONAL  
PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO DE MERCADO DE UN PORTAFOLIO  
CONSERVADOR DIVERSIFICADO EN EL MERCADO DE VALORES  
COLOMBIANO**

**Anteproyecto de Trabajo de Grado para optar el título de:  
Ingeniero Industrial**

**KELLY DANNITZA DOMÍNGUEZ JIMÉNEZ  
YEISON CAMILO MOYA PATIÑO**

**Director  
JAIRO ALBERTO VILLEGAS FLOREZ  
Mágister**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
RISARALDA  
2020**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos enormemente a nuestros padres, quiénes con el sudor de su frente construyeron un camino propicio para que nuestra carrera universitaria se hiciera una realidad. A nuestros familiares en general y amigos, ya que fueron un apoyo especial y fundamental. También a nuestro director de proyecto de grado, quién con sus bases y disposición guió este proyecto. A todos nuestros profesores que hicieron parte de estos cinco años de carrera, administrativos y servicios generales que componen la Universidad Tecnológica de Pereira.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este material investigativo a nuestras familias, por ser el factor de transformación en nuestras vidas académicas. A todos y cada uno de nuestros compañeros de clase en toda la carrera, profesores, administrativos y funcionarios en general de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## CONTENIDO

### 8

1.1. RESUMEN	8
1.2. ABSTRACT	9
KEY WORDS:	99
1.3. INTRODUCCIÓN	10
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.5. DIFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
1.6. JUSTIFICACIÓN	12
1.7. OBJETIVO GENERAL	12
1.8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL13

2.1. ESTADO DEL ARTE	13
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Portafolio de inversión	23
2.2.2. Perfiles de inversión	24
2.2.2.1. Perfil de inversión conservador	25
2.2.2.2. Perfil de inversión balanceado	25
2.2.2.3. Perfil de inversión agresivo	25
2.2.3. Riesgo	25
2.2.4. Riesgo de mercado	26
2.2.5. Metodologías	27
2.2.5.1. Valor en Riesgo (VaR)	27
2.2.5.1.1. Metodología Delta-Normal	29
2.2.5.1.2. Simulación Histórica	30
2.2.5.1.2.1. Simulación Histórica Filtrada (FHS)	30
2.2.5.1.2.1.1. Modelo ARMA-GARCH	30
2.2.5.1.2.1.2. Modelo EGARCH	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.2.5.1.2.1.3. Modelo GJR-GARCH	31
2.2.5.1.3. Simulación Montecarlo	31
2.2.5.1.4. Cópulas	32
2.2.5.1.4.1. Cópulas elípticas	33
2.2.5.1.4.2. Cópulas arquimedianas o de valores extremos	33
2.3. MARCO CONCEPTUAL	34
2.3.1. Riesgo financiero	34
2.3.1.1. Riesgo de crédito	34
2.3.1.2. Riesgo operacional	34
2.3.1.3. Riesgo de liquidez	34
2.3.1.4. Riesgo de mercado	35
2.3.2. Gestión del riesgo	35

2.3.3. Portafolio de inversión	35
2.3.4. Perfil de inversión	35
2.3.5. Activos de renta fija	35
2.3.6. Activos de renta variable	36
2.3.7. Volatilidad	36
2.3.8. VaR	36
2.3.9. Metodologías paramétricas	36
2.3.10. Metodologías no paramétricas	36
2.3.11. Simulación histórica	37
3.3.11.1 Simulación histórica filtrada	37
3.3.12. Cópulas financieras	37
2.4. MARCO NORMATIVO	37
2.4.1. Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS)	37
2.4.1.1. Basilea I	38
2.4.1.2. Basilea II	38
2.4.1.3. Basilea III	38
2.4.2. Sistema financiero Colombiano	38
2.4.2.1. Mercado bancario	39
2.4.2.2. Mercado de Valores	39
2.4.3. Superintendencia financiera de Colombia (SFC)	40
2.4.3.1. Estructura organizacional	40
2.4.3.2. Normas básicas	42
2.4.3.3. Sistema de Administración del Riesgo de Mercado (SARM)	42

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

3.1. UNIVERSO	44
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.3. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	44
3.4. VARIABLES E INDICADORES DEL ESTUDIO	44
3.5. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	45
3.6. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	45

### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

### **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

### **CAPÍTULO VII: TRABAJOS FUTURO**

**53**

**56**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Revisión artículo No.1 .....	16
Tabla 2.Revisión artículo No.2 .....	18
Tabla 3.Revisión artículo No.3 .....	21
Tabla 4.Revisión artículo No.4 .....	22
Tabla 5.Normatividad del Mercado de Valores de Colombia. Elaboración propia. Tomado de (BVC).....	40
Tabla 6.Variables e indicadores del estudio (elaboración propia).....	45
Tabla 7.Rendimientos y tasas de los activos del portafolio (elaboración propia) .....	47
Tabla 8.Estadística descriptiva de los rendimientos .....	48
Tabla 9.Resultados del VaR portafolio relacionado con las dos técnicas estudiadas (elaboración propia).....	50

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Perfiles de riesgo (Rendimiento vs Riesgo). Tomado de Santander (Banco Santander). .....	25
Ilustración 2.Función de densidad de los retornos con la representación del VaR. Elaboración propia. ....	28
Ilustración 3. Estructura de la SFC. Tomada de (SFC, 2017).....	41
Ilustración 4.Rendimientos y tasas en la ventana de tiempo establecidas (elaboración propia). ....	48

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. RESUMEN

En la administración de riesgo, a partir de las diferentes crisis financieras, comenzó a ser indispensable la predicción del riesgo de mercado, con el fin de tener presente que las organizaciones e inversores en general contaran con una reserva que les permitiese amortiguar o mitigar los movimientos bruscos del propio mercado y así no tener consecuencias lamentables. Para esto, surgieron metodologías con soportes estadísticos y financieros que permiten la realización del cálculo aproximado de dicho valor en riesgo, algunas de estas llamadas tradicionales, que incluyen a la Simulación Histórica, Simulación Montecarlo, *Risk Metrics*, entre otras; las cuales se dividen entre paramétricas y no paramétricas.

Por otra parte, en los últimos tiempos, la investigación internacional promueve el estudio de nuevas metodologías que puedan ajustarse mejor a los mercados, y debido a esto salieron a relucir técnicas no tradicionales con la capacidad de superar a sus predecesoras a nivel de efectividad y sensibilidad a las variaciones en los precios, entre estas podemos encontrar a la Simulación Histórica Filtrada, Teoría de Valores Extremos y Cópulas Financieras; todas estas probadas y analizadas en mercados de valores mucho más desarrollados que el nuestro, con niveles de liquidez y volumen de negociación por encima, por lo tanto, este estudio responde a la necesidad de aplicar dichas técnicas en el mercado de capitales de Colombia y a partir de un perfil de inversión conservador diversificado.

**Palabras clave:** Riesgo de Mercado, VaR, perfil de inversión, portafolio, cópulas



## **1.2. ABTRACT**

In risk management, from the different financial crises, the prediction of market risk began to be indispensable, in order to keep in mind that organizations and investors in general had a reserve that allowed them to cushion or mitigate movements abrupt market itself and thus have no regrettable consequences. For this, methodologies with statistical and financial support emerged that allow the approximate calculation of said value at risk, some of these traditional calls, which include Historical Simulation, Monte Carlo Simulation, Risk Metrics, among others; which are divided between parametric and non-parametric.

On the other hand, in recent times, international research promotes the study of new methodologies that can be better adjusted to the markets, and because of this, non-traditional techniques emerged with the ability to overcome their predecessors at the level of effectiveness and sensitivity to the variations in prices, among these we can find the Filtered Historical Simulation, Theory of Extreme Values and Financial Copulas; All these tested and analyzed in securities markets much more developed than ours, with liquidity levels and trading volume above, therefore, this study responds to the need to apply these techniques in the capital market of Colombia and from of a diversified conservative investment profile.

**Key words:** Market Risk, VaR, investment profile, portfolio

### 1.3. INTRODUCCIÓN

En el diccionario de la Real Academia Española (RAE), se define la palabra riesgo como la contingencia o proximidad de un daño. En finanzas, el riesgo de mercado puede ser explicado como aquel que se relaciona con las posibles pérdidas en los mercados financieros, tales pérdidas debidas a movimientos de tasas de interés o incumplimientos de obligaciones financieras. Los tipos de riesgos se podrían clasificar cuatro categorías: de mercado, liquidez, crédito y operación (Jorion, 2007).

En el estudio de la administración de riesgo, ha sido de mucha ayuda la implementación de modelos matemáticos y estadísticos, precisamente con instrumentos como las teorías probabilísticas, que tuvieron un origen informal en el siglo XVI, gracias a la necesidad de resolver problemas combinatorios aplicados a los juegos de azar. A la primera persona que se le atribuye la incursión en la probabilidad es a Gerolamo Cardano (1501-1576), cuyo tratado, *De Ludo Aleae*, puede considerarse como el mejor manual escrito para los juegos de azar de la época. Unos años después, aparecieron los avances del famoso matemático, físico y astrónomo Galileo Galilei (1564-1642), que al igual que Cardano, se le despertó el interés por la probabilidad debido al intento de predicción en los juegos de dados y cartas (Mateos-Aparicio, 2002).

Los primeros fundamentos que se desarrollaron en el cálculo de la probabilidad, aparecieron gracias a los autores Blaise Pascal (1623-1662) y Pierre de Fermat (1601-1665), quienes alejándose de la probabilidad aplicada a los juegos de azar hicieron aportes importantes con sus conocimientos en geometría analítica y álgebra, respectivamente. Más adelante, en el siglo XVIII, gracias al trabajo de Abraham de Moivre, el término desviación estándar toma fuerza en el estudio de la probabilidad. La desviación estándar, fue una herramienta crucial para futuras teorías aplicadas al riesgo financiero, ya que con ésta es posible medir la volatilidad del comportamiento de los activos a través del tiempo y de allí, la predicción de las posibles pérdidas ocasionadas debido a la inversión de un conjunto de instrumentos financieros conformados en un portafolio.

El VaR (valor en riesgo) fue introducido inicialmente por el banco estadounidense JP Morgan en el año 1994, con el fin de medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros o carteras de inversión. El VaR incorpora modelos basados en la teoría probabilística mencionada anteriormente, dando así, inicio a la gestión del riesgo de mercado que se conoce actualmente, donde se hace fundamental un análisis anticipado de las posibles futuras pérdidas por medio de la medición y monitoreo de los riesgos. Internacionalmente, en torno a la gestión o administración del riesgo de mercado, el Comité de Supervisión Bancaria Basilea propone algunos métodos estándar para la medición del riesgo de mercado a los cuales las organizaciones y los inversores particulares pueden adoptar.

#### **1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el desarrollo de un estudio financiero se pretende establecer el nivel de riesgos existentes en un mercado o proceso específico. Para ello existe todo un universo de metodologías para las diferentes etapas de la gestión de riesgo cuantificables (identificar, medir, controlar y monitorear) en una organización o proceso. Particularmente, en el mercado financiero o un proceso de inversiones en una compañía, en la etapa de medición de riesgo existen diversos métodos para estimar los posibles valores de riesgo de mercado. Estas metodologías caben dentro de dos grupos que denominaremos como metodologías tradicionales donde se encuentra la Delta-normal, Simulación Histórica, Simulación Montecarlo y la Metodología Estándar, esta última designada por la entidad encargada de establecer la estabilidad del sistema financiero del país conocida como la Superintendencia Financiera de Colombia; y por otro lado las no tradicionales donde se puede encontrar diversos métodos como Simulación Histórica Filtrada, Series de tiempo, Cópulas financieras, entre otros.

Sabiendo que el inversor profesional previamente define un perfil de riesgo que configura su perfil de inversión, se vuelve necesario para este estudio responder a la escasez de literatura en Colombia que relacione las características propias de dicho perfil con la conformación de un portafolio, que además de tener una naturaleza conservadora es diversificado, es decir, que involucra instrumentos de renta fija, variable, derivados, entre otros. También, teniendo en cuenta que las técnicas para la medición del riesgo de mercado, fueron creadas en países donde los mercados de capitales tienen un comportamiento muy diferente al colombiano, sea por tener más liquidez y/o más eficiencia. Es de vital importancia para este trabajo crear nuevo conocimiento que incorpore a las técnicas de medición del riesgo de mercado, las particularidades del mercado de Colombia para hacer una evaluación más completa y consciente del desempeño de cada técnica en particular.

En la línea de riesgo del Laboratorio Financiero, se trabajaron hasta el momento dos investigaciones acerca de la evaluación del riesgo de mercados para el perfil conservador diversificado en el mercado de valores colombiano, una que involucra la evaluación de las técnicas tradicionales y otra en la que se exploraron metodologías alternativas, de esta última se presenta la oportunidad de estudiar el desempeño de algunas técnicas y quedaron otras posibilidades para trabajos a futuro como el presente.

#### **1.5. DIFINICIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el desempeño de la metodología no tradicional estudiada para la estimación del riesgo de mercado en un portafolio perteneciente a un perfil conservador diversificado, que invierte en el mercado de valores colombiano?

## **1.6. JUSTIFICACIÓN**

El trabajo realizado anteriormente por el Laboratorio Financiero en el área de riesgo de mercado, ofrece un gran sustento teórico para la fundamentación de este estudio, ya que este trabajo evalúa metodologías tradicionales para el cálculo del valor del riesgo en el mercado, igualmente ofrece la posibilidad de sacar conclusiones acerca de las incapacidades de estas metodologías divididas entre las paramétricas y las no paramétricas, las primeras que no brindan la oportunidad de evaluar cotizaciones de cartera sino tienen una distribución específica y las segundas que estiman por medio de los rendimientos de datos históricos para hacer una proyección a futuro. Por lo tanto, dicha proyección no contendrá eventualidades diferentes a las que ya se han sucedido Otra desventaja de estas metodologías corresponden a que no cuentan con la sensibilidad ante el cambio de los precios, el término aleatoriedad no es incluido para su estudio y la aplicación se centra sólo en el comportamiento de un instrumento financiero de naturaleza variable cómo son las acciones.

Conociendo todo esto, la importancia de esta investigación responde, de igual forma a el trabajo que se realiza contiguo en el laboratorio, a la necesidad de encontrar técnicas alternativas para la estimación del riesgo de mercado, que se acomoden a un perfil conservador diversificado y enmarcado dentro de un contexto definido por el mercado de valores de Colombia, donde se aborda un mercado con variables de liquidez y volumen de negociación subdesarrolladas con respecto a las economías que lideran el mercado de capitales en el mundo y donde lógicamente se rige una normatividad que limita la utilización de no cualquier instrumento si de riesgo de mercado se habla.

La presente investigación se sustenta mediante la implementación de un método que cuantifica el riesgo de mercado que conlleva la inversión en la bolsa de valores nacional de ciertos instrumentos financieros. Este instrumento brinda la oportunidad a aquellos con un perfil conservador con principios de diversificación de realizar una evaluación del máximo riesgo, término que por la naturaleza de su perfil es de vital importancia y que es definitivo para la toma de sus decisiones.

El ejercicio práctico es de una importancia igual o mayor al teórico, ya que será la mayor fuente de información para la radicación de las conclusiones. Por su parte las pruebas de desempeño serán una herramienta que permitirá evaluar la efectividad que tiene la técnica estudiada para el cálculo del valor en Riesgo en un portafolio conservador diversificado en el mercado de valores de Colombia.

## **1.7. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el desempeño de la técnica no tradicional a utilizar para la valoración del riesgo de mercado, producto de unas inversiones pertenecientes a un portafolio que cumple con las características necesarias para el perfil conservador diversificado, en el mercado de valores de Colombia.

## 1.8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la normatividad a nivel nacional e internacional para la evaluación del riesgo de mercado.
- Buscar un conjunto de instrumentos de inversión en el mercado colombiano para formar un portafolio de inversión que sea apropiado para un perfil conservador diversificado.
- Explorar en el estado del arte con el fin de profundizar en los conocimientos relacionados a la estimación del riesgo de mercado de valores, por métodos no tradicionales.
- Emplear la técnica seleccionada para la medición del riesgo de mercado, en el portafolio seleccionado.

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

En la administración de riesgo, a partir de las diferentes crisis financieras, comenzó a ser indispensable la predicción del riesgo de mercado, con el fin de tener presente que las organizaciones e inversores en general contaran con un colchón económico que les permitiese amortiguar o mitigar los movimientos bruscos del propio mercado y así no tener consecuencias catastróficas. Para esto, se ha venido realizando un trabajo matemático de la mano de conceptos y artilugios estadísticos, dando como resultado diferentes metodologías que se encargan de darle valores al posible máximo riesgo a causa de unas inversiones en una cartera de activos. Para ejemplificar lo anterior, es importante darle revisión al trabajo realizado por (Abad, Benito, & López, 2014) en el cual se estudian distintas metodologías (tradicionales y alternativas) incluyendo las paramétricas y no paramétricas tales como la *Risk metrics*, Simulación Histórica, Teoría de Valores Extremos (EVT) y CVaR, elaborando una profundización conceptual de cada una y un ejercicio que permite contrastar los desempeños de dichas técnicas para finalmente darle veracidad a su hipótesis que consiste en determinar si las metodologías alternativas, mediante los modelos de volatilidad condicional, pueden superar las técnicas tradicionales antes implementadas.

Por su parte, (Fan et al., 2011) mencionan y desarrollan en su estudio algunas metodologías no paramétricas como Simulación histórica, Monte Carlo, Simulación Histórica Filtrada y no filtrada, Teoría de Valores Extremos y Cópulas; además, haciendo un énfasis sobre los dos tipos de Simulación Histórica, filtrada y no filtrada, todo esto para desarrollar pruebas de

desempeño (Backtesting) y así realizar comparaciones que resalten lo mejor de una y otra técnica. Según estos autores la Simulación histórica, parte desde la premisa de que el comportamiento de cualquier activo en el pasado marca una tendencia con respecto a los rendimientos futuros de dicho bien, por lo tanto, el estudio de los valores de las cotizaciones en periodos anteriores serán una herramienta confiable para la predicción del valor del riesgo de mercado o VaR; aparte de esto determinan lo que diferencia la Simulación Histórica Filtrada de la no filtrada (Simulación Histórica sencilla), lo cual es la utilización de ciertos modelos para el cálculo de la volatilidad condicional, llamados modelos GARCH (puntualmente en este estudio: ARMA-GARCH, EGARCH Y GJR-GARCH), los cuales aportan una potencial ventaja, que representa una mayor sensibilidad con respecto a los movimientos históricos del mercado, lo que se refleja en la precisión y confiabilidad de la técnica.

El trabajo de investigación planteado por (Plascencia, 2010) ofrece de manera detallada el estudio de metodologías de medición del riesgo de mercado VaR y CVaR (Valor de Riesgo Condicional) implementando unas técnicas llamadas Cópulas Financieras, con las cuales al igual que con los modelos GARCH se busca poder evaluar las máximas pérdidas posibles debidas a una inversión y hacerlo de la manera más confiable y precisa. Plascencia, define Cópula como una función de distribución multivariante definida en una unidad cúbica  $n$ -dimensional  $[0,1]^n$  que es uniforme en un intervalo  $[0,1]$ , por lo tanto, esta es una función que une una distribución de probabilidad multivalente a otras distribuciones univariantes que pueden ser relacionadas con factores del riesgo para un activo, en el ámbito financiero, estos factores de riesgo podrían ser los rendimientos de los demás activos de una cartera de inversión. La aplicación de las cópulas se ha ampliado en el ámbito económico y financiero a medida en que las distintas situaciones o contextos han destacado los distintos tipos de fórmulas, en general, se encuentran dos grandes familias de cópulas, tales como la familia de Cópula elípticas y la familia de Cópulas arquimedianas, de estos grupos o familias se desprenden una buena cantidad de cópulas con modelos matemáticos distintos, con restricciones y condiciones distintas, por lo que cada cópula financiera puede ser mucho o menos precisa en cierta situación, un ejemplo de esto puede ser una situación de crisis financiera, donde una cópula Clayton puede ser de gran ayuda en la predicción del riesgo, ya que esta por su planteamiento, da mayor probabilidad a los valores negativos de la función de los rendimientos.

(Palaro & Hotta, 2006) presentan al igual que Plascencia algunos conceptos y propiedades de las funciones cópulas en la estimación de VaR, en su ejercicio práctico, enfrentan las familias de cópulas para la evaluación del riesgo de dos índices financieros y así elegir por medio de los resultados la mejor familia de cópulas financieras. En el contexto elegido para la utilización de las cópulas que fue el mercado estadounidense en un tiempo de alta incertidumbre, los autores concluyen que la familia de la Cópula Clayton tiende a tener mejor desempeño, esto también respaldado por ser una metodología que se destaca por ser eficiente cuando se implementan en tiempos de alta volatilidad.

Nombre del Artículo No.1	
A Comprehensive review of value at risk methodologies	
<b>Autores</b>	Pilar Abad, Sonia Benito, Carmen López.
<b>Revista</b>	Spanish Review of Financial Economics.
<b>Cita</b>	
<b>Año</b>	2014
Resumen	
El artículo hace una revisión de las técnicas usadas para la estimación del valor en riesgo, estudiando desde las metodologías tradicionales o estándares, hasta las nuevas metodologías propuestas más evolucionadas, en él se muestran las principales ventajas y desventajas de los enfoques estudiados.	
<b>Idea central</b>	Exponer y analizar las ventajas y desventajas de diferentes enfoques de la estimación del VaR.
<b>Ideas secundarias</b>	La metodología paramétrica <i>Risk Metrics</i> posee inconvenientes como: asunción de normalidad de los rendimientos de los activos cuando existe evidencia empírica que expone la normalidad de los rendimientos; el modelo utilizado (EWMA) para estimar la volatilidad de la rentabilidad captura solo algunas características no lineales de la volatilidad y no tiene en cuenta la asimetría ni el efecto de apalancamiento. El método de simulación histórica produce estimaciones imprecisas del VaR, por considerar que la historia tiende a repetirse los resultados dependen totalmente de los datos utilizados, es decir, si el período de datos es inusualmente “tranquilo”, la Simulación Histórica a menudo subestima el riesgo y si el período de datos es inusualmente volátil, la Simulación Histórica a menudo lo sobreestimaré.
<b>Hipótesis</b>	Los enfoques nuevos para la estimación del VaR abandonan la asunción de normalidad y emplean modelos de volatilidad más evolucionados por lo que superan los enfoques tradicionales.
Metodología	
<b>Contexto</b>	Se revisaron 24 papers de diferentes autores para evaluar las fortalezas y debilidades de cada metodología.
<b>Técnica de solución</b>	Búsqueda, análisis y comparación de diferentes papers sobre técnicas de estimación del VaR.
<b>Variable respuesta</b>	Mejor técnica de estimación para el VaR.
<b>Resultados</b>	En enfoque basado en EVT (teoría de valores extremos) es el que mejor estima el VaR en el 83.3% de los casos en el que ese método es incluido en comparaciones, y la SHF (simulación histórica filtrada) es la segunda técnica con mayor desempeño con un 62.5% de los casos en que el método fue incluido en comparaciones.
Análisis Crítico – Limitaciones	
Presentadas por el Artículo	Ideas para el Trabajo
Mediante las pruebas backtesting se puede evaluar el desempeño de las	Implementar las pruebas backtesting para evaluar las metodologías estudiadas.

metodologías de estimación.	
<b>Nuevas ideas - Oportunidades.</b>	
<b>Presentadas por el artículo</b>	<b>Ideas para el trabajo</b>
Los métodos semi-paramétricos más importantes son "Volatility-weight Historical Simulation", "Filtered Historical Simulation" (FHS), "CaViaR method" y el enfoque basado en "Extreme Value Theory"	Posibles técnicas a implementar en el proyecto.
<b>Conclusiones</b>	
La efectividad del enfoque paramétrico depende de la distribución asumida para los rendimientos de los activos y del modelo utilizado para estimar la volatilidad de los rendimientos. En general las técnicas basadas en EVT y SHF presentan un mejor desempeño para estimar el VaR.	
<b>Observaciones</b>	
No hacen aplicaciones de las técnicas mencionadas en un mismo portafolio para comparar sus desempeños entre sí.	
<b>Fuente y criterio de búsqueda</b>	
Fuente: Scopus Criterio: value at risk, methodologies, article review. Link: <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001">http://dx.doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001</a>	
<b>Análisis de Aristas</b>	
<b>Extensión</b>	Estudio detallado de las técnicas presentadas.
<b>Anidamiento</b>	Búsqueda de metodologías diferentes a las presentadas por el artículo.
<b>Otras Referencias Anidadas</b>	
Marimoutou, V., Raggad, B., & Trabelsi, A. (2009). Extreme Value Theory and Value at Risk: Application to oil market. Energy Economics, 31(4), 519–530. <a href="https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.005">https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.005</a>	

Tabla 1.Revisión artículo No.1

<b>Nombre del Artículo No.2</b>	
Approaches to VaR	
<b>Autores</b>	Hao Li Xiao Fan Yu Li Yue Zhou Ze Jin Zhao Liu
<b>Revista</b>	Stanford University
<b>Resumen</b>	
Este artículo, principalmente muestra los conceptos y técnicas asociadas al estudio de la estimación de riesgo de mercados (Simulación histórica, Monte Carlo, Simulación Histórica Filtrada y no filtrada, EVT, Cópulas, Backtesting y Gráficos Q-Q) a modo de introducción. Luego, hace un énfasis y contraste entre la Simulación Histórica y Monte Carlo, dando	



relevancia teórica a los dos tipos de Simulación Histórica, filtrada y no filtrada. Este estudio ofrece un ejercicio práctico en el que se hacen comparaciones de los desempeños obtenidos (usando pruebas Backtesting) con las simulaciones mencionadas, en un portafolio conformado por 41 acciones diversificadas solamente por ser procedentes de diferentes industrias ; cada comparación tiene dos factores comunes , uno es la utilización de una distribución en específica (normal, t, GPD) y el otro, es el método para el remuestreo, los implementados fueron: Bootstrapping, Distribución Empírica y Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE).	
<b>Idea central</b>	La idea principal del artículo es encontrar las ventajas y desventajas que tienen las metodologías de Simulación Histórica Filtrada y no Filtrada para las distribuciones seleccionadas.
<b>Ideas secundarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpretar conceptos acerca de las técnicas a evaluar y la realización de pruebas de backtesting.</li> <li>- Realizar un ejercicio práctico aplicando las metodologías ya mencionadas, con diferentes distribuciones y métodos de estimación de la varianza con diferentes niveles de confianza.</li> </ul>
<b>Hipótesis</b>	Se presenta mayor ventaja utilizando cierta técnica de Simulación Histórica bajo una distribución específica con respecto al desempeño de la otra en dicha distribución.
<b>Metodología</b>	
<b>Programa (Software)</b>	Matlab
<b>Contexto</b>	En el ejemplo práctico, se selecciona un portafolio constituido por 41 acciones de distintas industrias del mercado de capitales estadounidense, con rendimientos históricos correspondientes al periodo entre 2005 y 2012.
<b>Técnica de solución</b>	Para el ejercicio de comparación de los desempeños de la Simulación histórica no filtrada y la Simulación histórica filtrada, se utilizaron diferentes técnicas conforme a la distribución. Para la distribución normal y t, en la no filtrada sólo se utilizó el método Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE), en cambio para la filtrada, se presentan todas las técnicas: Bootstrapping, Distribución Empírica y MLE, esta primera, con la ayuda de la simulación de modelos GARCH (GARCH, GJR y EGARCH); y a la distribución GPD le correspondió la Teoría de Valores Extremos. Todas estas técnicas para hallar valores máximos, mínimos, VaR con diferentes niveles de confianza y sus respectivas funciones de distribución. Luego se realiza la evaluación de cada técnica con pruebas de desempeño Backtesting.
<b>Variable respuesta</b>	Probabilidad del error de la técnica con respecto al comportamiento real de las acciones.
<b>Resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Con las distribuciones normal y t y utilizando el método MLE, la técnica de no filtrada supera el desempeño de la filtrada.</li> <li>-En la comparación de los modelos Bootstrapping, Distribución Empírica y MLD para el filtrado en la Simulación Histórica, bajo la distribución t, sobresale por muy poco el MLD.</li> <li>-Para el modelo Bootstrapping en la distribución t, se hizo</li> </ul>

	una comparación entre los tres modelos GARCH usados y se recogieron datos muy parecidos.
<b>Análisis Crítico – Limitaciones</b>	
<b>Presentadas por el Artículo</b>	<b>Ideas para el Trabajo</b>
Presenta un procedimiento básico con respecto al respaldo matemático de cada método.	Es posible la profundización en los modelos GARCH (GJR, EGARCH Y GARCH) para los parámetros de interés.
El portafolio seleccionado contiene exclusivamente instrumentos financieros de carácter variable (acciones), sólo se diversifican por ser de sectores económicos variados.	Es probable realizar el ejercicio práctico involucrando un portafolio con principios de diversificación, teniendo en cuenta diferentes activos.
El estudio es enmarcado por un contexto, perteneciente a un mercado estadounidense donde las variables de liquidez y volumen de intercambio son altas con respecto a otros mercados.	Incluir un estudio que responda a las necesidades específicas del mercado de Colombia para ver la viabilidad de dichas técnicas,
Se hace un análisis en el que el VaR solo tiene presente las excepciones y no las pérdidas potenciales debido a las posibles excepciones.	El uso del CVaR puede solucionar el problema de las colas demasiado gruesas en las distribuciones, por lo tanto podría ser útil al encontrar distribuciones asimétricas.
<b>Nuevas ideas - Oportunidades.</b>	
<b>Presentadas por el artículo</b>	<b>Ideas para el trabajo</b>
Utilización de los modelos GARCH para la medición del VaR en la filtración de la Simulación Histórica en las técnica de Bootstrapping.	La importancia de la comparación relativa de las pruebas de Backtesting que miden el desempeño de las metodologías enfrentadas.
<b>Conclusiones</b>	
Concluyen los autores que inicialmente se podría afirmar que las pruebas de desempeño apuntan a que el método no filtrado sobrepasa al filtrado, sin embargo la poca sensibilidad que tiene este primero con respecto a los datos históricos lo hace inútil para la predicción del VaR, especialmente bajo la simulación en una distribución t. Por lo tanto, la metodología de Simulación Histórica Filtrada tiene más ventajas y precisión gracias a la posibilidad de utilizar los modelos Bootstrapping, MLD y Distribución empírica, las cuales en su totalidad tienen desempeños muy parecidos haciendo una comparación relativa para test tan robustos.	
<b>Observaciones</b>	
Las comparaciones hechas entre estas metodologías se podrían realizar con un diferente perfil de inversión con el fin de encontrar la viabilidad de éstas en otros escenarios, además con rangos diferentes de tiempo y en mercados con diferentes características.	
<b>Fuente y criterio de búsqueda</b>	
Fuente: Scopus Criterio: refinado por área	

Tabla 2.Revisión artículo No.2

Nombre del Artículo No.3	
Valor en riesgo utilizando cópulas financieras: aplicación al tipo de cambio mexicano (2002-2011)	
<b>Autores</b>	Tania Nadiezhda Plascencia Cuevas
<b>Revista</b>	Universidad Autónoma de Nayarit
Resumen	
<p>El artículo en cuestión, inicialmente menciona algunos conceptos relacionados al riesgo de mercado y cópulas financieras. Luego, continúa con la descripción de los datos relacionados a las cotizaciones del dólar estadounidense y el euro contra el peso mexicano, para posteriormente hacer una estimación del riesgo de mercado (VaR), con metodologías tradicionales y con metodologías que involucran las cópulas financieras. Luego, se procede a evaluar el desempeño de dichas metodologías en dos escenarios distintos: uno en el cual hay un sólo periodo histórico entre los años 2002 y 2011 y otro donde se parte este mismo periodo en dos partes iguales para hacerles las mediciones por separado. Y por último, presenta las respectivas conclusiones.</p>	
<b>Idea central</b>	El tema central del artículo es encontrar diferencias entre el nivel de precisión de algunas metodologías para la medición del riesgo de mercado en un periodo en específico y los desempeños de estas mismas en dos subperiodos iguales. Las metodologías fueron una técnica tradicional (Simulación Histórica) y otra con la utilización de cópulas financieras (Montecarlo).
<b>Ideas secundarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La utilización de diferentes tipos de cópulas: Gaussiana, Frank y Clayton</li> <li>- Un caso práctico de medición del VaR para dos series de cotizaciones de dos monedas como el dólar y euro frente al peso mexicano con las metodologías mencionadas.</li> </ul>
<b>Hipótesis</b>	Presentan mayor precisión en la evaluación del riesgo de mercado, las metodologías tradicionales y metodologías utilizando cópulas durante periodos completos, con respecto a la evaluación de riesgo de mercado en subperiodos de igual tamaño.
Metodología	
<b>Contexto</b>	Los datos utilizados para el ejercicio de evaluar el VaR con ambos tipos de metodología, son dos series de cotizaciones de dos divisas internacionales contra el peso mexicano, para un caso, en un periodo entre el año 2002 y 2011, y para el otro, dos periodos iguales entre este mismo tiempo. Cada serie con un total de 2568 observaciones. Cabe resaltar que en este tiempo ocurrió una crisis global financiera, que elevó el nivel de incertidumbre, por lo tanto hubo elevación de la volatilidad cambiaria.
<b>Técnica de solución</b>	La aplicación de las metodologías se hace análogamente para la del periodo completo (PC) y para los dos subperiodos (PP y SP). Se realizan valoración del VaR con la metodología de Simulación Histórica y Montecarlo, esta última con la utilización de las cópulas Gaussiana, Frank y Clayton, ajustando los rendimientos a una

	distribución normal. Cada una de las cópulas es elegida por sus propias características al darle mayor peso estadístico a ciertas partes de la distribución. A cada una de las metodologías se les hizo pruebas de desempeño Backtesting.
<b>Variable respuesta</b>	Error cuadrático medio, que mide la dispersión del desempeño de cada metodología con el comportamiento real de la cartera.
<b>Resultados</b>	Para los dos escenarios, la técnica que mejor desempeño tuvo fue la que utiliza las cópulas Clayton. Y el contraste entre los dos casos, dio como resultado la superioridad por parte de la cercanía al comportamiento real de las cotizaciones cuando se divide el periodo en subperiodos más cortos.
<b>Análisis Crítico – Limitaciones</b>	
<b>Presentadas por el Artículo</b>	<b>Ideas para el Trabajo</b>
La cartera utilizada sólo contiene las divisas del dólar y el euro frente al peso mexicano, entonces el análisis sobre las metodologías se reduce a un instrumento financiero	A la comparación de la selección de periodos de cotización se le podría añadir otros parámetros como una cartera conformada con otros instrumentos, incluso con una cartera identificada con un perfil de inversión.
Para el contexto que el ejercicio práctico, la utilización de la metodología tradicional de Simulación Histórica puede ser no conveniente debido a que esta técnica no es lo suficientemente sensible a las condiciones tan cambiantes en ese tiempo.	La implementación de modelos de volatilidad GARCH nos ayudarían para reducir la insensibilidad a los cambios en el mercado de la Simulación Histórica, y mucho más para épocas de crisis financieras como en el presente contexto del ejercicio.
Hay escasa información relacionada con la elaboración matemática e informática de las técnicas implementadas.	Sería interesante la realización de los métodos utilizando las diferentes cópulas y presentar evidencia estadística por medio de un software, que evidencie las bondades de cada una, con la intención de generar un criterio que se refleje en el nivel de desempeño.
En el marco conceptual se mencionan las pruebas Backtesting y Stress Testing y sólo se utilizan las Backtesting.	Evaluar el comportamiento del VaR en estos contextos hace interesante medir qué pasaría en situaciones extremas y así realizar pruebas Stress Testing para probar relativamente las técnicas en cuestión.
<b>Nuevas ideas - Oportunidades.</b>	
<b>Presentadas por el artículo</b>	<b>Ideas para el trabajo</b>
La utilización de las cópulas para distintos casos en el que se les asigna diferente probabilidad a los eventos que se encuentran en las diferentes partes de la distribución normal (región más cerca a cero y en las colas derecha y/o izquierda).	Es importante tener en cuenta la cantidad de tiempo en el que se evalúan las cotizaciones, logrando que haya más precisión en las técnicas a implementar.
<b>Conclusiones</b>	

La autora concluye que para este caso y contexto, hay una ganancia significativa en la evaluación del VaR para periodos cortos, lo que puede deberse a que estos periodo son menos flexibles a los cambios bruscos del mercado. Además, le ve más ventajas a las técnicas que involucran cópulas por su precisión y acertividad, siendo más específicos la cópula Clayton muestra mejor desempeño.
<b>Observaciones</b>
La evaluación de los desempeños de las metodologías merece ser aplicada a contextos un poco más grandes a nivel de la variedad de instrumentos financieros y a mercados con diferentes comportamientos, donde los resultados podrían ser contrastados con éste.
<b>Fuente y criterio de búsqueda</b>
Fuente: Scopus Criterio: Refinado por área

Tabla 3.Revisión artículo No.3

Nombre del Artículo No.4	
Using Conditional Copula to Estimate Value at Risk	
<b>Autores</b>	Helder Parra Palaro Luiz Koodi Hotta
<b>Revista</b>	Journal of Data Science
<b>Año</b>	2006
Resumen	
.Este trabajo presenta algunos conceptos y propiedades de las funciones cópulas en la estimación de VaR y una aplicación de la teoría de cópulas a un ejercicio donde se desea obtener el valor del riesgo a una cartera conformada por los índices bursátiles S&P500 y Nasdaq.	
<b>Idea central</b>	Se discute la aplicación de la cópula condicional para la estimación del VaR.
<b>Ideas secundarias</b>	-Presenta el teorema de Sklar que define las funciones multivariadas -Determinar las familias de cópulas que existen. -Utilizar Modelos GARCH para aplicar algunas funciones de cópulas en un ejercicio práctico.
<b>Hipótesis</b>	Tiene alguna familia de cópulas mejor desempeño con respecto a las otras en el contexto propuesto.
Metodología	
<b>Contexto</b>	La aplicación se hace con el comportamiento de los índices S&P500 Y Nasdaq del mercado estadounidense con una base de datos de 2972 precios de cierre, desde 1992 hasta 2003, por lo tanto este caso contiene sólo dos variables.
<b>Técnica de solución</b>	Se utiliza el modelo ARMA GARCH para modelar el comportamiento marginal de las variables. Luego, se emplean tres tipos de cópulas: SJC, Plackett y Cópula-t, cada una con diferentes distribuciones aproximadas con los modelos GARCH (GARCH-N, GARCH-t y GARCH-E). Por último se hace la estimación del VaR y se comparan los resultados.
<b>Variable respuesta</b>	VaR.

<b>Resultados</b>	La cópula SJC tuvo el mejor desempeño de las tres.
<b>Análisis Crítico – Limitaciones</b>	
<b>Presentadas por el Artículo</b>	<b>Ideas para el Trabajo</b>
Para la selección del portafolio se limita el contexto por ser la evaluación de dos índices que miden el funcionamiento de las empresas más desarrolladas de Estados Unidos.	La utilización de las diferentes cópulas podría acomodarse a un portafolio de inversión con diferentes activos y en sectores variados de la economía.
Los modelos utilizados para aplicar en la medición del VaR son sólo para 2 variables, es decir, en el caso de un portafolio, 2 activos.	Se podría ampliar el estudio relacionado con la utilización de carteras muestra que involucren más de dos activos para detallar los desempeños de las distintas familias de cópulas.
Hace falta información relacionada con la aplicación de las cópulas a nivel informático.	Es posible, la implementación de un lenguaje de programación que permita evaluar un portafolio, haciendo práctica la utilización de diferentes niveles de confianza, bases de datos de los rendimientos, entre otros.
<b>Nuevas ideas - Oportunidades.</b>	
<b>Presentadas por el artículo</b>	<b>Ideas para el trabajo</b>
Menciona criterios para la selección de la función cópula, el cual puede ayudar a tomar la decisión de cuál cópula elegir de dos opciones posibles.	Es posible presentar mediante un criterio comparar el desempeño de las técnicas que recurren al manejo de cópulas financieras.
<b>Conclusiones</b>	
Este artículo muestra cómo la teoría condicional de las cópulas y las distribuciones marginales son una herramienta poderosa para la estimación del valor del riesgo. Y dan como el método más preciso a las cópulas Clayton gracias a la aplicación en el contexto propuesto.	
<b>Observaciones</b>	
El análisis basado en la comparación de los desempeños de las técnicas es necesario hacerlo en dimensiones diferentes, donde se pueda hacerle gestión al riesgo de portafolios más esbeltos y de naturalezas diferentes (variable y fija).	
<b>Fuente y criterio de búsqueda</b>	
Fuente: Scopus Criterio: Refinado por área	

Tabla 4.Revisión artículo No.4

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Portafolio de inversión

En finanzas, un portafolio puede tratarse como una colección de diferentes activos o instrumentos financieros tales como acciones de diferentes empresas, bonos o dinero en efectivo con el objetivo de sacar una rentabilidad del mercado (Finanzas en línea, 2014a). En la reunión de dichos instrumentos financieros, el inversor tiene a su disposición diversas combinaciones que generan por separado una relación individual del riesgo contra la rentabilidad. Un inversor profesional siempre buscará optimizar su portafolio disminuyendo los niveles de riesgo, para esto, el uso de la Teoría Moderna de Portafolio tiene gran utilidad, teoría desarrollada por el premio Nobel de economía Harry Markowitz.

En marzo del año 1952, Markowitz emite el artículo *Portfolio Selection*, documento base de muchas investigaciones relacionadas con las inversiones bursátiles, en él, el mencionado autor afirma que el proceso de selección se divide en dos etapas: la primera, en la que intervienen la experiencia y la observación para generar creencias acerca de comportamientos futuros de los activos disponibles y la segunda etapa, de la cual se fundamenta la idea del artículo, que comienza con las creencias relevantes acerca de los futuros comportamientos y concluyen con la respectiva elección del portafolio. Por lo tanto, plantea que el inversionista considera deseable los retornos esperados e indeseable la desviación de estos retornos (Markowitz, 1952), entonces es válido decir que la elección del portafolio es acertada cuando, aceptando un nivel de riesgo directamente relacionado con la desviación estándar, se obtiene una rentabilidad máxima (Mendizabal Zubeldia, Miera Zabalza, & Zubia Zabiaurre, 2002)

El modelo matemático trabajado por Markowitz a partir de los rendimientos esperados y la varianza de los rendimientos se define como:

$$E = \sum_{i=1}^N X_i \mu_i \quad (1)$$

$$V = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} X_i X_j \quad (2)$$

Dónde:

$\sigma_{ij}$ : Covarianza entre los activos i y j.

$X_i$ : Proporción a invertir en el activo  $i$  y variable del modelo.

$X_j$ : Proporción a invertir en el activo  $j$

$\mu_i$ : Rendimiento esperado del activo  $i$ .

$V$ : Varianza del portafolio.

$E$ : Rendimiento esperado de la cartera.

$N$ : número de activos que conforman la cartera.

Ecuaciones (1) y (2) tomadas de (Markowitz, 1952)

Las ventajas que ofrece el modelo planteado por Markowitz se podrían cuantificar por medio de un programa de optimización, donde la función objetivo sea la minimización de la varianza, logrando así, encontrar los valores de  $X_i$  que produzcan el rendimiento esperado  $E$ . Por último, el autor concluye que es recomendable la construcción de un portafolio con activos pertenecientes a diferentes sectores de la economía, debido a que las repercusiones que puedan causar la disminución de los precios en un activo no afecten a los otros debido a su dependencia en el mercado, dicha recomendación se reconoce como el principio de la diversificación.

### **2.2.2. Perfiles de inversión**

Determinar un perfil de riesgo, es el punto inicial para comenzar a construir un portafolio o cartera de inversión. Éste refiere a las expectativa de retorno esperada en función del riesgo a asumir, es decir, que obtener, un mayor rendimiento debe asociarse con asumir un mayor nivel de riesgo, por lo tanto a mayor riesgo de inversión, mayor es el retorno que se le exigirá. El perfil de cada inversor podría estar relacionado con diferentes factores, entre ellos están los objetivos de la inversión, el estilo, la experiencia, las circunstancias financieras actuales e incluso la personalidad (Banco Santander).

El perfil de inversión está relacionado directamente a los instrumentos financieros que componen la cartera de un inversor. Por lo tanto, se presentan ciertas tendencias en el mercado de ciertos activos y en el nivel de diversificación de éstos, para cada perfil. Un inversor podría identificarse con alguno de los tres perfiles de riesgo, los cuales son: conservador, balanceado y agresivo.





Ilustración 1. Perfiles de riesgo (Rendimiento vs Riesgo). Tomado de Santander (Banco Santander).

### 2.2.2.1. Perfil de inversión conservador

Este es el tipo de inversor que tiene más rechazo a las situaciones de riesgo. Por lo tanto, está interesado en rentabilidad adicional estable a través del tiempo. La composición de su portafolio suele estar conformado por un 80% en bonos y el resto depósitos a largo plazo y el resto en acciones y otros activos a corto plazo. De los tres tipos de perfil, es el que más baja renta recibe debido a que sacrifica rentabilidad por seguridad (Finanzas en línea, 2014b).

### 2.2.2.2. Perfil de inversión balanceado

Este perfil se inclina más a la formación de una cartera que genere una rentabilidad considerable y equilibrada con la seguridad de recibir rentabilidad periódicamente. Dicha cartera, en la mayoría de las veces está conformada por la misma proporción por instrumentos de renta fija y variable pero apuntándole más al mediano plazo (Finanzas en línea, 2014b).

### 2.2.2.3. Perfil de inversión agresivo

Buscando niveles de rentabilidad alta, el inversor con perfil agresivo suele aventurarse en mercados con volatilidades altas y generalmente en empresas emergentes, en donde la posibilidad de cambios extremos de las cotizaciones de los activos que conforman su portafolio es muy probable. Su portafolio suele estar compuesto por más del 65% en títulos de renta variable a corto plazo y un 35% de renta fija a largo y mediano plazo (Finanzas en línea, 2014b).

## 2.2.3. Riesgo

El término riesgo es procedente del latín *risicare*, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso. Podría interpretarse como un término negativo o perjudicial, sin embargo, ningún suceso ni aspecto en la vida cotidiana del hombre es ajeno a la existencia de algún tipo de riesgo. Entonces, el beneficio que se pueda obtener por cualquier decisión o acción que se adopte, debe asociarse necesariamente con el riesgo inherente a dicha decisión o

acción (De Lara, 2008).

En el área de finanzas, como en todas, es de vital importancia realizar gestión del riesgo para cualquier proyecto (en este caso un proyecto de inversión), con el fin de reducir el nivel de incertidumbre en la toma de decisiones. Por lo tanto, identificar, medir y controlar el riesgo evitará situaciones indeseadas. Los riesgos, según su naturaleza, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Riesgo de mercado.* El cual se entiende como la pérdida que puede sufrir un inversionista debido a la inversión en un portafolio.
- *Riesgo de crédito.* Este tipo de riesgo se define como la posible pérdida debido al incumplimiento de un pago.
- *Riesgo de liquidez.* Es aquel que se refiere a la imposibilidad de transformar en efectivo un activo.
- *Riesgo legal.* Se puede definir como la existencia de posibles pérdidas relacionadas al incumplimiento de una contraparte en un negocio y que no se pueda exigir el cumplimiento de las obligaciones por la vía jurídica-
- *Riesgo de reputación.* Es al que se le atribuyen las pérdidas que se puedan tener debido a un desprestigio de una organización (De Lara, 2008).

#### **2.2.4. Riesgo de mercado**

El riesgo de mercado de un portafolio, es consecuencia de los movimientos adversos de las variables del mercado de capitales, tales como las tasas de interés, tipos de cambio, el precio de las acciones y la volatilidad de los mercado (Gento Marhuenda, 2001). Debido a las grandes crisis del sistema financiero ocurridas nivel mundial en los años 90 y comienzos del siglo XXI, se hizo prudente el trabajo conjunto de las asociaciones bancarias más importantes en pos de la supervisión de algunas actividades se convirtiera en un requisito de gestión que garantice la mitigación de los distintos riesgos financieros, riesgos asociados al comportamiento de las variables ya mencionadas.

Definiendo los tipos de riesgo de mercado: el riesgo por tasas de interés, se puede definir como el que se corre en razón de la variaciones de las tasas de interés; el riesgo de las acciones, comprende al posible comportamiento de las acciones que genera pérdidas al inversor; y por último el riesgo por parte del tipo de cambio se genera debido a la fluctuación del precio de una divisa con respecto a otra, así que este riesgo se asume por aquellos inversores y compañías cuyos negocios impliquen un intercambio de divisas (Efxto, 2017).

El conjunto de normas internacionales, adoptadas para la gestión de todos los tipos riesgo de mercado están formalizadas en los acuerdos realizados por el Comité de Basilea, éste es el principal organismo mundial encargado de la regulación bancaria. Los principios básicos creados por la organización abogan por la calidad en las prácticas de supervisión por parte de las entidades que toman esta regulación como referencia (Committee on Banking Supervision, 2010).

### 2.2.5. Metodologías

Sabiendo que debido a los movimientos en el mercado bursátil cada inversor incurre en un tipo de riesgo, se ha hecho indispensable para el sistema financiero encontrar herramientas que permitan anticipar las posibles pérdidas y de esta manera poder prepararse para una amortiguación sin consecuencias que puedan ser catastróficas. La teoría del valor del riesgo (VaR), desde su implementación ha generado la mejor respuesta a estas necesidades, y mediante su estudio se han podido crear diferentes metodologías y clasificar en dos grupos de métodos:

- *Métodos paramétricos*: son aquellos implican suponer una distribución o modelo que sigue el comportamiento del valor de los activos del portafolio. Por las facilidades del estudio estadístico de las distribuciones se convierte en la más utilizada.
- *Métodos no paramétricos*: se consideran métodos no paramétricos los que no necesitan hacer supuestos sobre la distribución de los rendimientos, es decir, en este caso se deja que los mismos datos cuenten qué distribución tienen (Alonso, 2005).

#### 2.2.5.1. Valor en Riesgo (VaR)

Después de los desastres financieros ocurridos alrededor de los años 90, surgió la gran lección para todos los participantes del mercado de que miles de millones de dólares se pueden perder por la pobre supervisión y manejo del riesgo financiero. En consecuencia a esto, el VaR, un método de fácil interpretación y uso, surgió como un método para mitigar las falencias. Formalmente, el VaR mide la peor pérdida esperada después de cierto horizonte de tiempo bajo condiciones normales del mercado con un nivel de confianza establecido (Jorion, 2007). Ejemplificando lo anterior, si se tiene un resultado de VaR por 10 unidades, debido a la inversión en un activo cualquiera, en un periodo  $t$  y con un nivel de confianza del 95%, existe la posibilidad de que en 5 oportunidades de 100 el inversor pierda máximo 10 unidades de todo lo invertido en condiciones normales del mercado. Gráficamente el VaR en distribución normal se entiende de la siguiente manera:

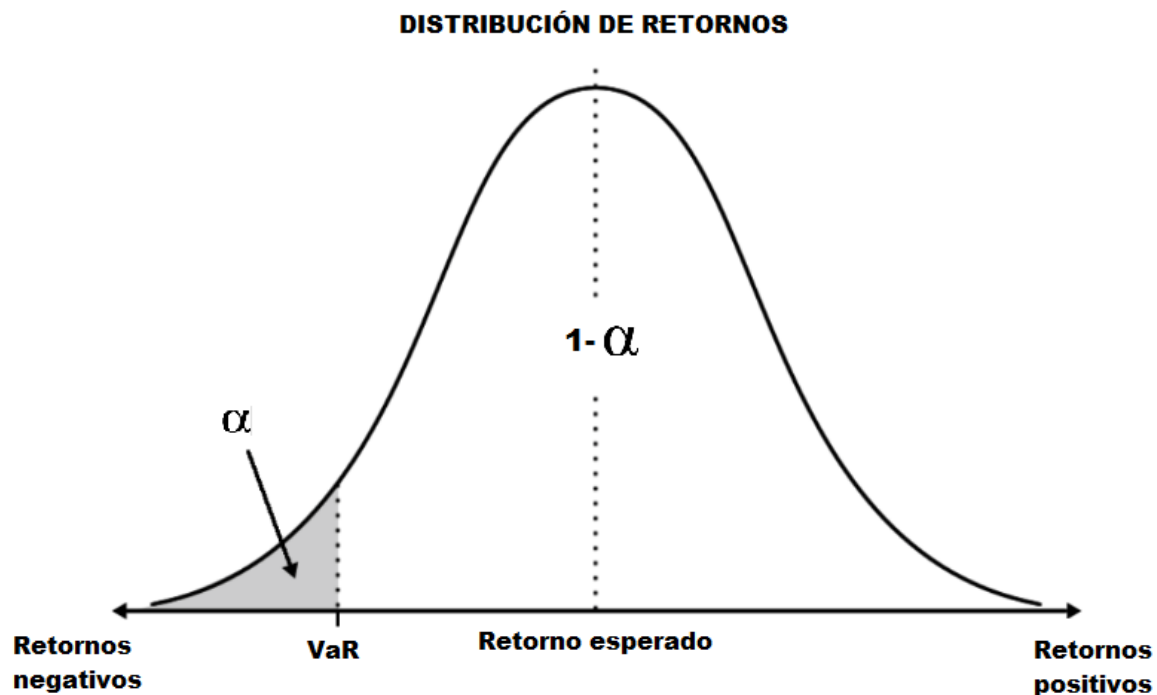


Ilustración 2. Función de densidad de los retornos con la representación del VaR. Elaboración propia.

Y probabilísticamente, para el VaR para un período de negociaciones  $(t + 1)$  con la información disponible en el periodo actual  $t$  se define que:

$$P(Z_{t+1} < VaR_{t+1|t}) = \alpha(3)$$

Donde  $Z_{t+1}$  corresponde al rendimiento futuro en unidades monetarias del valor del portafolio en el período siguiente y  $\alpha$  es uno menos el nivel de confianza. Entonces, sabiendo que  $Z_{t+1}$  sigue una distribución normal, el valor del riesgo será:

$$VaR_{t+1|t} = F(\alpha) * \sigma_{t+1|t}(4)$$

Donde  $\sigma_{t+1|t}$  representa el valor esperado de la desviación estándar de la distribución estandarizada de  $Z_{t+1}$  para el periodo  $t$  y  $F(\alpha)$  es el percentil  $\alpha$  de la tal distribución.

Ecuaciones (3) y (4) tomadas de (Alonso & Semaán, 2009)

Para hacer el cálculo del VaR, existen diversas metodologías en las cuales se evalúan diferentes parámetros según la técnica y se utilizan diferentes distribuciones (por ejemplo distribución  $t$  y distribución de Pareto). Por lo tanto, el trabajo de la gestión de riesgo le apunta a relacionar las necesidades de los mercados con las metodologías a utilizar.

### 2.2.5.1.1. Metodología Delta-Normal

Esta técnica, que pertenece a los métodos paramétricos, asume que las cotizaciones en un periodo  $t$  se distribuyen normalmente y por lo tanto las pérdidas que se ocasionarían son directamente proporcionales a la dispersión que tengan los rendimientos con la media, es decir, la desviación estándar. Por consiguiente la metodología Delta-Normal ofrece el cálculo del VaR para un activo, de la siguiente manera:

$$VaR = F * S * \sigma * \sqrt{t} \quad (5)$$

Dónde:

$F$ : Factor del nivel de confianza a utilizar.

$S$ : Valor total que se invierte.

$\sigma$ : Desviación estándar de los rendimientos del activo.

$t$ : Periodo de tiempo en que se piensa calcular el VaR.

Para un portafolio completo, el cálculo del valor del riesgo requiere que haya una relación de todas las desviaciones de los activos, para esto se hace útil la implementación de la matriz de varianza- covarianza. Para dos activos, según (Markowitz, 1952) la varianza se denota con la siguiente expresión:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 \quad (6)$$

Y para una cantidad  $n$  de activos:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + \dots + w_i^2 \sigma_i^2 + 2w_1 w_2 \sigma_{12} + \dots + 2w_i w_j \sigma_{ij} \quad (7), \text{ con } \sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (8)$$

Dónde:

$w_i$ : Proporción del capital invertido en el activo  $i$ .

$w_j$ : Proporción del capital invertido en el activo  $j$ .

$\sigma_i \sigma_j$ : Desviación estándar del rendimiento del activo  $i$  y  $j$ .

$\sigma_{ij}$ : Covarianza de los rendimientos del activo  $i$  contra el activo  $j$ .

$\rho_{ij}$ : Factor de correlación de los activos  $i$  y  $j$ .

Ecuación (5) tomada de (De Lara, 2008) y ecuaciones de (6) a (8) de (Ávila, 2009)

Esta técnica, por su practicidad es una de las más utilizadas, sólo que la distribución normal se vuelve exigencia radical para su implementación.

### 2.2.5.1.2. Simulación Histórica

La simulación histórica es un método que carece de la suposición distributiva de los retornos de los activos en cuestión. Se basa simplemente en el concepto de que la historia de mercado se repetirá.

Bajo el supuesto de que si se observan los datos desde el día 1 hasta el día  $t$ , y  $r_t$  es el rendimiento del portafolio en el día  $t$ , teniendo así una serie de rendimiento  $\{r_{t+1-T}\}_T^m = 1$ . El cálculo del VaR con una tasa de cobertura  $p$  se calcula como  $(100 * p)\%$  de la secuencia de los rendimientos de la cartera en el pasado (Fan et al., 2011). Por lo tanto:

$$VaR_{t+1}^p = percentile\{\{r_{t+1-T}\}_T^m, (100 * p)\%\} \quad (9)$$

Este método se caracteriza por su practicidad y simplicidad para la estimación de valor del riesgo, sin embargo tiene una ciertas desventajas importantes tales como que el valor del riesgo dependerá sustancialmente de la volatilidad de los rendimientos en el período pasado que es abarcado por la simulación, ocasionando también insensibilidad de la técnica ante cambios bruscos que son posibles en cualquier mercado.

#### 2.2.5.1.2.1. Simulación Histórica Filtrada (FHS)

La FHS es una metodología no paramétrica para calcular el VaR, que combina la simulación histórica tradicional con modelos de volatilidad condicional o modelos de series de tiempo (entre los más reconocidos están aquellos pertenecientes a la familia de modelos GARCH). En finanzas y en economía la utilización de esta herramienta ha tomado una gran acogida ya que con ella es posible involucrar la sensibilidad en los cambios de precios de una manera más precisa a un modelo que estime el valor del riesgo de mercado.

##### 2.2.5.1.2.1.1. Modelo ARMA-GARCH

Es un modelo volatilidad condicional en el que se emplea las técnicas ARMA y GARCH. ARMA para ajustar en una serie temporal los datos que representan el rendimiento de un activo y GARCH para estimar la variabilidad o varianza en el periodo escogido para el modelo, luego con los parámetros obtenidos en las técnicas se procede a calcular el VaR. Es preciso decir que el modelo GARCH sólo cuenta con la magnitud de los residuos inesperados que presentan los rendimientos, es decir, sin importar si son negativos o positivos. Este modelo está expresado de la siguiente manera:

$$r_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i r_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j}, \varepsilon_t = z_t \sigma_t \quad (10)$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^r c_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s d_j \sigma_{t-j}^2 \quad (11)$$

Dónde la ecuación (10) representa el modelo ARMA( $p, q$ ) de los retornos  $r_t$  y (11) con  $p$

términos autorregresivos y  $q$  términos de media móvil. La ecuación (11) define la varianza resultante del modelo GARCH( $r, q$ ) con  $r$  y  $s$  como términos autorregresivos y de media móvil, respectivamente. Y  $\varepsilon_t$  que define la volatilidad de los residuos aleatorios como una función de residuos pasados.

#### 2.2.5.1.2.1.2. Modelo EGARCH

Con el fin acomodar la relación asimétrica entre los cambios en la volatilidad y los retornos de los activos, la literatura propone otro modelo para el estudio de la volatilidad llamado EGARCH asimétrico que ofrece un plus con respecto al modelo mencionado anteriormente, el cual se fundamenta en la utilización tanto los residuos o excesos positivos como los negativos. Además cuenta con una función de ajuste para el cálculo de la varianza condicional  $g(z)$  (Fan et al., 2011) Este modelo cuenta con la siguiente expresión:

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \ln \sum_{i=1}^q \alpha_i g(z_{t-i}) + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (12)$$

Donde  $z_t = \frac{\varepsilon_t}{\sigma_t}$  y representa la serie de residuos distribuidos normalmente. La función de ajuste para la varianza condicional depende de este valor  $z_t$  y se denota así:

$$g(z_t) = \theta_1 z_t + \theta_2$$

Donde  $E \vee z_t \vee$  es el valor esperado de la función de la distribución asumida y depende de la densidad incondicional.

Ecuaciones de la (9) a (13) tomadas de (Fan et al., 2011)

#### 2.2.5.1.2.1.3. Modelo GJR-GARCH

(Glosten, Jagannatan, & Runkle, 1993) propone un modelo llamado GJR-GARCH, el cual al igual que los dos anteriores funciona como una herramienta para determinar la volatilidad condicional. Este autor define el modelo con la expresión:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q (\alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \omega_i I_{t-i} \varepsilon_{t-i}^2) + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (14)$$

Dónde:

$$I_{t-i} = \begin{cases} 1 & \text{si } \varepsilon_{t-i} < 0 \\ 0 & \text{si } \varepsilon_{t-i} \geq 0 \end{cases} \quad (15)$$

Ecuaciones (14) y (15) tomadas de (Ali, 2013)

#### 2.2.5.1.3. Simulación Montecarlo

Este método cubre una amplia cantidad de valores posibles de variables financieras y tiene en

cuenta ciertas correlaciones. El procedimiento para implementar la técnica está dividido en dos etapas.

La primera y más crucial etapa es la selección de un modelo estocástico que defina el comportamiento de los precios. Uno de los modelos más usado es *movimiento geométrico de Brown (GBM)*, el cual asume que la innovación en los precios de los activos están correlacionados todo el tiempo y que los pequeños cambios con respecto al tiempo se pueden expresar como:

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz(16)$$

Dónde:

$S_t$ : Rendimiento del activo

$\mu_t$ : La desviación instantánea en el tiempo  $t$  (constante).

$dt$ : Varianza de la distribución normalizada

$\sigma_t$ : Volatilidad en el tiempo  $t$  (constante)

$dz$ : es la variable aleatoria normalizada.

Ecuación (16) tomada de (Jorion, 2007)

Este método es uno de los más poderosos para el cálculo del VaR, ya que no requiere que los rendimientos se comporten de manera lineal ni un nivel de volatilidad específico y la utilización de los valores pasados de los activos lo hace parecido a la Simulación histórica (Jorion, 2007). La desventaja de su procedimiento radica en que es necesario un trabajo computacional arduo lo cual requiere de conocimientos informáticos especializados.

#### **2.2.5.1.4. Cópulas**

Según (Plascencia, 2012), una cópula es una función de distribución multivariada, definida por una unidad cúbica  $n$ -dimensional  $[0,1]$ , tal que, cada distribución marginal es uniforme en el intervalo  $[0,1]$ . Por lo tanto, se puede decir que una función cópula enlaza en una distribución de probabilidad multivariada a un conjunto de funciones de probabilidad marginal univariadas. Haciendo un modelo para los rendimientos de un portafolio, lo anterior implica que:

$$H(x_1, x_2) = C(F_1(x_1), F_2(x_2))(17)$$

Dónde  $H$  representa la función multivariada de  $x_1$  y  $x_2$ . Así se puede interpretar que una cópula es una función que une las distribuciones marginales de un vector a sus distribuciones conjuntas (Palaro & Hotta, 2006)

Ecuación (17) tomada de (Palaro & Hotta, 2006)

Las distribuciones con cópulas se pueden encasillar en dos familias, una de éstas son las



llamadas elípticas y las otras hacen parte de las cópulas de valor extremo o arquimedianas.

#### 2.2.5.1.4.1. Cópulas elípticas

Estas cópulas reciben este nombre ya que gráficamente sus distribuciones tienen forma elíptica. Además, tienen un común denominador, el cual se debe a que en estas se aplica el método de las covarianzas para determinar la dependencia entre las distribuciones. Uno de los tipos de cópulas más utilizados es la Cópula Gaussiana o normal, cuya función se define por:

$$C_{Gauss}(u_1, u_2, \dots, u_n; \Sigma) = \Phi_{\Sigma}[\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_n)] \quad (18)$$

Dónde:

$u_i$ : Rendimientos del activo  $i$ .

$\Phi_{\Sigma}$ : Función de distribución normal multivariada con media 0.

$\Sigma$ : Matriz de correlaciones.

$\Phi^{-1}$ : Inversa de la distribución normal univariada para cada activo.

Por otro lado, está la Cópula *t-student*, que se deriva en el mismo sentido que la Cópula Gaussiana, pero en este caso converge en la representación de las múltiples variables con una distribución t. La Cópula *t-student* se determina como:

$$C_{t-student}(u_1, u_2, \dots, u_n; \Sigma) = T_{\Sigma, v}[t_v^{-1}(u_1), t_v^{-1}(u_2), \dots, t_v^{-1}(u_n)] \quad (19)$$

Donde  $T_{\Sigma, v}$  es la función de distribución *t-student* multivariada con matriz de correlación  $\Sigma$  y  $v$  grados de libertad. Y  $t_v^{-1}$  es la inversa de la función *t-student* univariante con  $v$  grados de libertad.

#### 2.2.5.1.4.2. Cópulas arquimedianas o de valores extremos

En esta familia de cópulas se incluyen situaciones extremas o no normales, en las cuales los rendimientos no son necesariamente los mejores, lo que hace de estas técnicas instrumentos interesantes para épocas de crisis. La cópula Clayton, es muestra de ello ya que es una técnica que le da mayor probabilidad a eventos en la cola izquierda de la distribución; ésta se representa de la siguiente manera (Plascencia, 2010):

$$C_{Clayton}(u_1, u_2, \dots, u_n; \theta) = \left[ \sum_{i=1}^n u_i^{-\theta} - n + 1 \right]^{-\frac{1}{\theta}} \quad (20)$$

Dónde  $\theta \in [(-1, 0) \cup (0, +\infty)]$

De las cópulas arquimedianas, también hace parte la cópula Frank, la cual asume independencia asintótica en las colas de la distribución, tiene forma simétrica y asigna probabilidad cero a eventos que están dentro de las colas. Matemáticamente, su función de

determina como:

$$C_{Frank}(u_1, u_2, \dots, u_n, \theta) = \frac{-1}{\theta} \ln$$

Dónde  $\theta \in (-\infty, +\infty)$

Ecuaciones de la (18) a (21) tomada de (Plascencia, 2010)

Las cópulas son instrumentos que han sido un valorado descubrimiento debido a la gran adaptabilidad y precisión para relacionar las diferentes variables, que en finanzas se hace fundamental para el cálculo del riesgo de mercado. En la literatura es difícil encontrar desventajas de la técnica ya que la poca complejidad de la utilización de ésta no supera en relevancia a su flexibilidad y amplia aplicabilidad.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Riesgo financiero**

El riesgo financiero hace referencia a la incertidumbre que se asocia a los rendimientos de una inversión debida a que una compañía no pueda hacerle frente a sus obligaciones financieras (Mascareñas, 1994), de las cuales se desprenden cuatro tipos de riesgo cuantificables, los cuales son: riesgo de crédito, riesgo operacional, riesgo de liquidez y el riesgo de mercado.

#### **2.3.1.1. Riesgo de crédito**

Es el tipo de riesgo que se puede definir como la mayor pérdida que se puede incurrir debido al incumplimiento por parte de la compañía en cuestión hacia cualquier ente externo por un compromiso de pago acordado por las ambas partes (De Lara, 2008). Por su naturaleza, este tipo de riesgo es uno de los más viejos que existen y se reconoce desde la creación de las entidades bancarias.

#### **2.3.1.2. Riesgo operacional**

Se entiende por riesgo operacional, al riesgo de pérdidas que resultan de las falencias en la adecuación en los procesos internos de las organizaciones, del comportamiento del personal y de los sistemas internos y externos en los que se vean involucradas sus actividades (J.P.Morgan, 2014). Dentro de este riesgo, se puede incluir también al riesgo legal, que podría definirse como las contraindicaciones que se pueden tener debido al incumplimiento de contratos o acuerdos regidos por la ley.

#### **2.3.1.3. Riesgo de liquidez**

El riesgo de liquidez se define como las posibles pérdidas que puede generar la incapacidad de las organizaciones para convertir en efectivo sus propiedades o cartera de inversión, es decir, el riesgo de liquidez es proporcional a la falta de posibilidades de vender un activo en

el mercado (De Lara, 2008). Por lo tanto, este riesgo se presenta fácilmente cuando en el mercado hay una falta de demanda de dicho bien, ocasionando un desequilibrio que pueda llevar a una crisis económica.

#### **2.3.1.4. Riesgo de mercado**

El riesgo de mercado se entiende como la probabilidad de la existencia de futuras pérdidas relacionadas a la disminución del valor de los portafolios de inversión en el mercado de valores, dichas pérdidas debidas a los movimientos o cambios que afecten de manera negativa los rendimientos de los activos pertenecientes al inversor, por ende se pueda modificar la percepción que tiene el mercado sobre la estabilidad de los instrumentos financieros obtenidos (Davivienda, 2016).

#### **2.3.2. Gestión del riesgo**

La gestión del riesgo es el ejercicio de actividades que pueden encaminar a las organizaciones hacia una administración efectiva de los tipos de riesgos existentes. Por medio de estrategias enfocadas a identificar, cuantificar, controlar y monitorear, brinda la posibilidad de prepararse a escenarios negativos en los que se pueda encontrar posicionada la entidad y así cubrir las eventualidades afectando de manera mínima las actividades misionales.

#### **2.3.3. Portafolio de inversión**

Es una selección de activos o instrumentos financieros que se compran y se venden en el mercado de valores, los cuales pueden ser asequibles para un inversor natural o empresa. Dicha selección forma una combinación que puede incluir activos de renta fija y/o renta variable; la decisión de inclinarse por un activo u otro dependerá de los intereses y las estrategias individuales de inversión, las cuales pueden caracterizar un perfil de inversión con un nivel de aversión al riesgo particular.

#### **2.3.4. Perfil de inversión**

Un perfil de inversión, se puede definir como la postura que asume un inversor al momento de definir el paso a seguir durante sus actividades de inversión, esta postura o perfil condensa características como su estilo, personalidad, experiencia y en gran proporción la tolerancia hacia el posible riesgo que pueda poner en peligro su inversión. Este estudio, estará enfocado hacia las personas o instituciones que adopten un perfil de inversión conservador, el cual se diferencia del perfil moderado y agresivo en que invierte en mayor proporción en activos de renta fija y una pequeña parte en renta variable.

#### **2.3.5. Activos de renta fija**

Se denominan también instrumentos de contenido de deuda, estos son aquellos que incorporan un derecho de crédito, por lo tanto obligan y dan derecho a una prestación de dinero (Superintendencia Financiera de Colombia, 2007). Estos derechos son emitidos por las empresas o gobiernos con tiempos de pago programados inicialmente y le dan poder al poseedor de una cantidad de capital monetario representado en una tasa que permanecerá

igual durante todo el período de la inversión, de allí que al título valor se le caracterice como de renta fija. Los bonos son los activos de renta fija más utilizados.

### **2.3.6. Activos de renta variable**

Estos son títulos de carácter corporativo o participativo, incorporan derechos patrimoniales en una sociedad de capital, tales como la percepción de dividendos y en casos especiales derechos políticos de la empresa en cuestión. Se definen de renta variable ya que la rentabilidad de cada instrumento dependerá directamente del desempeño de la compañía, sus utilidades generadas, las variaciones en la cotización del título en la Bolsa y todas y cada una de las externalidades que afecten a la empresa en su respectivo mercado (Superintendencia Financiera de Colombia, 2007). De los activos de renta variable, las acciones son las más reconocidas y utilizadas.

### **2.3.7. Volatilidad**

En economía, la volatilidad es un indicador que permite a los inversores saber si se encuentran ante un título valor que registra o no movimientos bruscos en su cotización a corto, mediano y largo plazo. Este indicador, se puede calcular como la desviación que registran los rendimientos de un activo (de renta variable o fija) con respecto a la media de su cotización que ha presentado anteriormente en un periodo determinado (CaixaBank, 2010)

### **2.3.8. VaR**

El VaR es una herramienta que se encarga de medir la peor pérdida esperada después de cierto horizonte de tiempo bajo condiciones normales del mercado con un nivel de confianza establecido (Jorion, 2007). Desde que se tiene al riesgo como factor fundamental en las actividades financieras, el VaR ha sido estudiado y adaptado a diferentes metodologías basadas en fundamentos estadísticos que son de gran ayuda para evaluar variables como los rendimientos esperados y volatilidad que permiten estimar un valor que pueda significar las máximas pérdidas a las que un activo o título se pueda enfrentar en el futuro.

### **2.3.9. Metodologías paramétricas**

Estas aproximaciones para evaluar el VaR son las que se asumen anteriormente una distribución específica para posteriormente calcular el valor en riesgo de los rendimientos analizados. Dentro de las distribuciones más utilizadas se encuentran la distribución normal, *t-student* y Pareto.

### **2.3.10. Metodologías no paramétricas**

Este tipo de metodologías incluye las técnicas que sin necesidad de tener registro de los rendimientos con una distribución conocida tienen la capacidad de evaluar el valor en riesgo de mercado. Para estas técnicas es suficiente tener los datos históricos de las cotizaciones de los activos con el fin de analizarlos y proponer unos comportamientos futuros.

### **2.3.11. Simulación histórica**

La simulación histórica es un método para la evaluación del VaR que como las metodologías no paramétricas carece de la suposición distributiva de los retornos de los activos en cuestión. Se basa simplemente en el concepto de que la historia del mercado se repetirá constantemente a través del tiempo.

#### **3.3.11.1 Simulación histórica filtrada**

La Simulación Histórica Filtrada (FHS por sus siglas en inglés) se puede definir como una metodología no paramétrica para calcular el VaR, que combina la simulación histórica tradicional con modelos de volatilidad condicional o modelos de series de tiempo (entre los más reconocidos están aquellos pertenecientes a la familia de modelos GARCH).

### **3.3.12. Cópulas financieras**

Una cópula financiera, es una metodología para la apreciación del valor en riesgo, esta propone una distribución conjunta con distribuciones marginales univariantes, que para el caso de análisis de riesgo, representarían a los rendimientos constituyentes de un portafolio de inversión. Las cópulas son herramientas propias de la estadística que correlacionan los diferentes activos y elimina la necesidad de contar con el supuesto de distribución de probabilidad específica para alcanzar indicadores como el VaR (Sklar, 1959).

## **2.4. MARCO NORMATIVO**

### **2.4.1. Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS)**

El BCBS es el ente regulador más importante internacionalmente en la supervisión y regulación prudencial de la banca (Bank for International Settlements, 2006). Este comité es conformado por los agentes principales de la G-10 y fue fundado en el año 1974. Sus actividades van dirigidas en pro de mantener la estabilidad financiera mundial, algunas de estas son:

- Intercambiar información sobre la evolución del sector bancario y los mercados financieros, con el fin de detectar los riesgos actuales o que incidan en el sistema financiero a nivel mundial.
- Compartir asuntos, estrategias y técnicas de supervisión para propiciar un entendimiento común y fomentar la cooperación internacional.
- Establecer y promover normas internacionales, directrices y buenas prácticas en materia de supervisión y regulación bancaria.
- Abordar las lagunas de regulación y supervisión que planteen riesgos para la estabilidad financiera.
- Vigilar la aplicación de las normas del BCBS en los países miembros y otros países.

En materia de riesgos financieros, el BCBS, desde el inicio de su funcionamiento ha propuesto tres acuerdos, nombrados Basilea I, Basilea II y Basilea III, en los cuales se ha

tratado evolutivamente la supervisión y regulación del riesgo. Cabe resaltar que el comité no posee ninguna autoridad de supervisión supranacional formal y sus conclusiones no tienen fuerza legal.

#### **2.4.1.1. Basilea I**

Firmado en 1988, estableció unos principios básicos en los que debía fundamentarse la actividad bancaria como el capital regulatorio, requisito de pertenencia, capacidad de absorción de pérdidas y de protección ante quiebra. Este capital debía ser suficiente para hacer frente a los riesgos de crédito, mercado y de divisa. Este acuerdo promovía una cantidad mínima de capital que debía ser almacenada como provisión, la cual era de un 8% del total de los activos (PowerData, 2013).

#### **2.4.1.2. Basilea II**

También llamado “El Nuevo Acuerdo de Capital”, el acuerdo Basilea II fue aprobado en el año 2004, aunque aplicado en España en 2008. Desarrollaba de manera más extensa el cálculo de los activos ponderados por riesgo y permitía que las entidades bancarias aplicaran calificaciones de riesgo basadas en sus modelos internos, siempre que estuviesen previamente aprobadas por el supervisor. Este acuerdo incorpora, por lo tanto, nuevas tendencias en la medición y el seguimiento de las distintas clases de riesgo. Se hizo énfasis en metodologías internas, revisión de la supervisión y en la disciplina de mercado; en este último se establecen normas de transparencia y requiere la publicación permanente de la información que refiera a la exposición de las entidades al riesgo debido a sus actividades y las suficiencias e insuficiencias de capital (PowerData, 2013).

#### **2.4.1.3. Basilea III**

El acuerdo Basilea III, aprobado en diciembre de 2010, intentó adaptarse a la magnitud de la crisis económica, atendiendo a la exposición de gran parte de los bancos de todo el mundo a los “activos tóxicos” en los balances de los bancos y en los derivados que circulan en el mercado. El rechazo al efecto dominó que pudiera causar de nuevo la insolvencia de los bancos, hizo que se establecieran nuevas directrices como (PowerData, 2013):

- Endurecimiento de los criterios y aumento de la calidad del volumen de capital para asegurar su mayor capacidad para absorber pérdidas.
- Modificación de los criterios para el cálculo de los riesgos para disminuir nivel de exposición real.
- Constitución de colchones de capital durante los tiempos buenos o de mejor rentabilidad que permitan hacer frente al cambio del ciclo económico.
- Introducción de un nuevo ratio de apalancamiento como medida complementaria al ratio de solvencia.

#### **2.4.2. Sistema financiero Colombiano**

El sistema financiero es el conjunto de organizaciones y operaciones a través de las cuales se intercambian los recursos disponibles para depositar o invertir (sector superavitario), hacia las

empresas que los requieran para financiar sus actividades (sector deficitario). El sistema financiero está conformado por el mercado bancario, también reconocido como intermediado, y el mercado de valores, también llamado desintermediado (Fradique-Méndez & Abogados, 2014).

#### **2.4.2.1. Mercado bancario**

En este mercado la transferencia de los recursos de los sectores superavitarios a los sectores deficitarios tiene lugar por medio de entidades que tienen el rol de intermediarios financieros que, separada e independientemente, se relacionan con los depositantes y con quienes necesitan la financiación.

#### **2.4.2.2. Mercado de Valores**

En el mercado de valores, la transferencia de los recursos superavitarios hacia los sectores deficitarios se realiza directamente sin ningún tipo de intermediario, es decir, mediante la emisión de activos (acciones, bonos, futuros, entre otros) por parte de las empresas o entidades gubernamentales, estos últimos requieren algunos recursos y la suscripción por parte de los inversionistas. No obstante, la transferencia de recursos del sector superavitario hacia el sector deficitario en el mercado de valores de Colombia debe ser de manera transparente y organizada a través de profesionales autorizados, los cuales son vigilados por la Superintendencia Financiera (En este caso la SFC) y actúan como canal del mercado de valores donde se encuentran los demandantes y oferentes en los sistemas de negociación de valores o en el mercado mostrador (Fradique-Méndez & Abogados, 2014).

La regulación del Mercado de Valores en Colombia se da gracias a las siguientes leyes, de las cuales se toma a la Ley 964 de 2005 como una de las más relevantes:

<b>Normatividad del Mercado de Valores Colombiano</b>	
<b>Ley</b>	<b>Descripción</b>
924 de 2005	Por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones.
795 de 2003	Por la cual se ajustan algunas normas del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero y se dictan otras disposiciones.
510 de 1999	Por la cual se dictan disposiciones en relación con el sistema financiero y asegurador, el mercado público de valores, las Superintendencias Bancaria y de Valores y se conceden unas facultades.
45 de 1990	Por la cual se expiden normas en materia de intermediación financiera, se regula la actividad aseguradora, se conceden unas facultades y se dictan otras disposiciones.

35 de 1993	Por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades financiera, bursátil y aseguradora y cualquier otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público y se dictan otras disposiciones en materia financiera y aseguradora.
226 de 1995	Por la cual se desarrolla el artículo 60 de la Constitución Política en cuanto a la enajenación de la propiedad accionaria estatal, se toman medidas para su democratización y se dictan otras disposiciones.
27 de 1990	Por la cual se dictan normas en relación con las bolsas de valores, el mercado público de valores, los depósitos centralizados de valores y las acciones con dividendo preferencial y sin derecho de voto.
1328 de 2009	Por la cual se dictan normas en materia financiera, de seguros, del mercado de valores y otras disposiciones (Reforma Financiera).
1314 de 2009	Por la cual se regulan los principios y normas de contabilidad e información financiera y de aseguramiento de información aceptados en Colombia, se señalan las autoridades competentes, el procedimiento para su expedición y se determinan las entidades responsables de vigilar su cumplimiento.
1266 de 2008	Por medio de la cual se dictan disposiciones generales del Habeas Data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la Financiera, Crediticia, Comercial, de Servicios y la proveniente de Terceros Países y se dictan otras disposiciones.

Tabla 5. Normatividad del Mercado de Valores de Colombia. Elaboración propia. Tomado de (BVC).

### 2.4.3. Superintendencia financiera de Colombia (SFC)

Según lo establecido en el artículo 1 del Decreto 4327 del año 2005, la Superintendencia Bancaria de Colombia y la Superintendencia de Valores unen sus labores para el surgimiento de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC, 2014). Esta entidad surge con el objetivo de conservar la confianza pública y velar por la estabilidad en el sistema financiero y económico del país, adaptando la debida reglamentación internacional para la identificación, medición, control y monitoreo del riesgo de mercado.

#### 2.4.3.1. Estructura organizacional

La estructura de la Superintendencia Financiera de Colombia está dada por el siguiente organigrama:



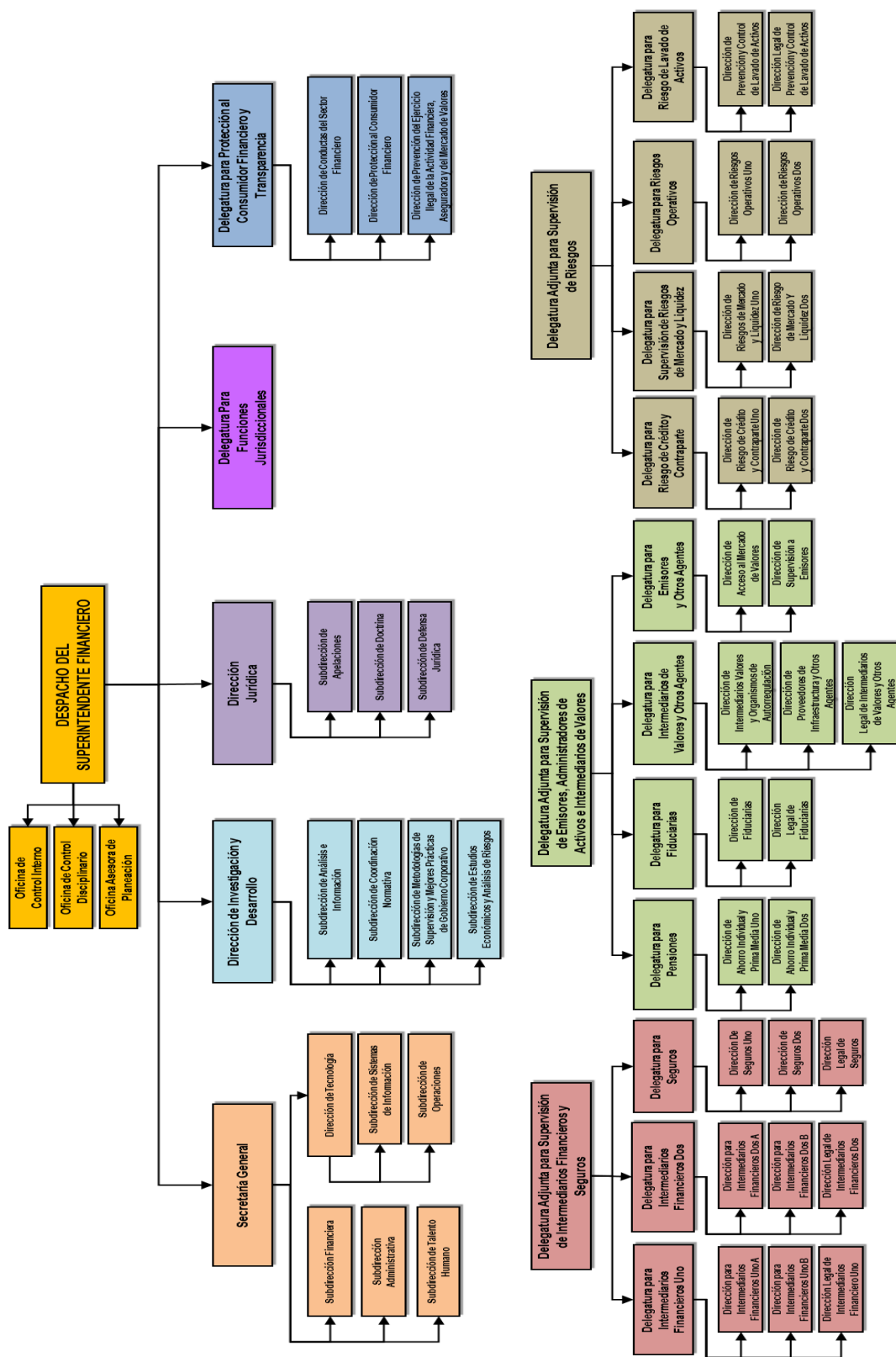


Ilustración 3. Estructura de la SFC. Tomada de (SFC, 2017)

#### 2.4.3.2. Normas básicas

- Decreto 1848 de 2016: Por medio del cual se modifica la estructura de la Superintendencia Financiera de Colombia.
- Decreto 4327 de 2005: Por el cual se fusiona la Superintendencia Bancaria de Colombia en la Superintendencia de Valores y se modifica su estructura.
- Decreto 663 de 1993: Por medio del cual se actualiza el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero y se modifica su titulación y numeración.
- Decreto 2739 de 1991: Por el cual se adecua la estructura de la comisión nacional de valores a su nueva naturaleza de Superintendencia.
- Ley 924 de 2005: Por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones.

#### 2.4.3.3. Sistema de Administración del Riesgo de Mercado (SARM)

Mediante la Circular Externa 100 de 1995, la Superintendencia Financiera de Colombia propone el Sistema de Administración de Riesgo de Mercado que deben implementar las entidades vigiladas por la entidad, con el objetivo de identificar, medir, controlar y monitorear el riesgo de mercado al que están expuestas en desarrollo de sus actividades autorizadas, incluidas las de tesorería, atendiendo a su tamaño y estructura.

En el Capítulo XXI: reglas aplicables a la gestión de riesgos de mercado, están expuestos los parámetros generales que deben tenerse en cuenta para el diseño, adopción e implementación de tales sistemas de administración del riesgo, así como los deberes de los órganos de dirección, administración y control del sistema elegido para cubrir en riesgos las organizaciones. Además, en este capítulo se encuentran las disposiciones, direccionamientos, reglas y alcances que debe tener el SARM para las entidades vigiladas en sus cuatro etapas propuestas, las cuales se presentarán a continuación con sus respectivas definiciones:

**Identificación:** El SARM debe permitir a las entidades vigiladas identificar el riesgo de mercado al que están expuestas, en función del tipo de posiciones asumidas por éstas, de conformidad con las operaciones autorizadas. Cuando sean aplicables, se deben considerar los siguientes riesgos de mercado:

- tasa de interés en moneda legal
- tasa de interés en moneda extranjera
- tasa de interés en operaciones pactadas en UVR
- tipo de cambio

- precio de acciones
- inversiones realizadas en carteras colectivas

Esta etapa debe realizarse previamente a la participación en nuevos mercados y a la negociación de nuevos productos, determinando su perfil de riesgo y cuantificando el impacto que éstos tienen sobre el nivel de exposición al riesgo de la entidad, al patrimonio y las utilidades de la misma

**Medición:** El SARM debe permitir a las entidades vigiladas medir y cuantificar las pérdidas esperadas derivadas de la exposición al riesgo de mercado.

**Control:** El SARM debe permitir a las entidades tomar directrices organizacionales que permitan darle control al riesgo de mercado después de ser identificado y medido.

**Monitoreo:** El Sistema de Administración de Riesgo de Mercado permite a las entidades vigiladas realizar un continuo seguimiento a la evolución de su exposición a sucesos que pongan en riesgo sus inversiones.

En la etapa de medición del riesgo de mercado (la cual compete a este trabajo), la Superintendencia Financiera de Colombia ofrece una metodología estándar para las entidades vigiladas, en el caso de que estas últimas quieran apropiarse de otra metodología en específico deberán presentar esta alternativa a la SFC, la cual mediante su comité de evaluación decidirá si será permitido aplicar dicha técnica para la organización en cuestión conforme a sus características y a las restricciones de la entidad reguladora.

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

La presente investigación cuenta con una metodología cuantitativa, la cual busca estudiar y analizar el desempeño de ciertas técnicas para la medición del riesgo de mercado concerniente a la inversión en algunos instrumentos financieros, con el fin de construir criterio científico que permita darle veracidad a la hipótesis planteada.

#### **3.1. UNIVERSO**

El universo para este estudio está definido por los activos pertenecientes al mercado de valores de Colombia.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población está enmarcada por los instrumentos financieros de renta variable y renta fija del mercado de valores y capitales colombiano. La muestra, corresponde a los activos seleccionados inicialmente para realizar el estudio, que se conformarán en un portafolio con las especificaciones relacionadas al perfil conservador con principios de diversificación, es decir, un listado que comprometa en su gran mayoría instrumentos de renta fija tales como bonos públicos o privados, TES, entre otros; y una pequeña parte a renta variable.

#### **3.3. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO**

- Espacial: mercado de valores y capitales de Colombia
- Demográfico: portafolio para inversionistas con un perfil conservador diversificado.
- Temporal: 6 meses a partir del momento de conceptualización y aprobación del anteproyecto.
- Temática: cálculo del valor en riesgo de mercado.

#### **3.4. VARIABLES E INDICADORES DEL ESTUDIO**

Las variables utilizadas en el estudio son 5, cuatro de éstas independientes (precio de los títulos de renta variable, tasa de los títulos de renta fija, riesgo de tasa de interés y tiempo) y la restante dependiente (valor en riesgo). Las variables en cuestión pueden estructurarse de la siguiente manera:

<b>VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ESCALA</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Riesgo de tasa de interés</b>	Riesgo que se asume por la variación de las tasas de interés.	Cuantitativa continua	Porcentual	-Tasa Interbancaria. -Tasa de interés. - Curva Spot.
<b>Volatilidad del Precio de títulos de renta variable</b>	Cotización o precio de cierre de los títulos de renta variable	Cuantitativa continua	Monetaria	-Volatilidad -Desviación estándar
<b>Volatilidad en la tasas de títulos de renta fija</b>	Tasa de cierre de los títulos de renta fija	Cuantitativa continua	Porcentual	-Duración modificada -Convexidad -Duración
<b>Tiempo</b>	Periodos de exposición al riesgo	Cuantitativa continua	Días	Marco de tiempo
<b>Riesgo de Mercado</b>	Pérdidas posibles debidas a la inversión en el mercado de capitales	Cuantitativa continua	Monetaria o porcentual	-VaR -CvaR - Varianza

Tabla 6. Variables e indicadores del estudio (elaboración propia)

### 3.5. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de los datos se realizará por medio de la plataforma web de la bolsa de valores de Colombia (BVC), de donde es posible extraer libremente los datos representativos de los rendimientos diarios históricos de todos los activos que se negocian en el mercado de valores colombiano. Por lo tanto, la fuente que se pretende utilizar es secundaria.

### 3.6. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

**Parte 1:** recolección y apropiación de las bases teóricas que sustentaran el estudio.

- Etapa I: contextualización histórica referente al riesgo de mercado
- Etapa II: revisión de las normas aplicadas nacional e internacionalmente a la medición del riesgo de mercado.
- Etapa III: análisis del perfil de inversión seleccionado para la investigación (conservador diversificado)
- Etapa IV: explorar literatura, en busca de conocimiento existente y relacionada con las metodologías alternativas para el cálculo del riesgo de mercado, tanto información teórica como aplicativa.

**Parte 2:** aplicación del conocimiento obtenido al ejercicio de calcular el riesgo de mercado.

- Etapa I: conformar el conjunto de activos financieros que le darán forma al portafolio

de inversión, el cual cuente con las características propias del perfil conservador con principios de diversificación.

- Etapa II: ajustar estadísticamente las técnicas para el cálculo del riesgo de mercado que van a ser seleccionadas a los rendimientos de los activos que pertenecen al portafolio conformado inicialmente, es decir, acomodar las metodologías a la distribución que siguen las cotizaciones.
- Etapa III: cálculo del riesgo de mercado con las diferentes metodologías.
- Etapa IV: evaluación del desempeño de las metodologías implementadas

**Parte 3:** presentación e interpretación de los resultados.

- Etapa I: comparación de los desempeños entre las metodologías.
- Etapa II: emisión de las conclusiones.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

Con el fin de estimar el valor en riesgo de un portafolio cumpliendo las exigencias expuestas anteriormente, se propone un ejercicio en el cuál se obtendrán 3 activos para conformar el portafolio. Dichos activos son dos bonos de renta fija, sus nemotécnicos son: TFIT10040522 y TFIP16240724, el primero es el correspondiente al Tes o bono de vencimiento al 4 de mayo del 2022 y el segundo al Tes o bono de vencimiento al 24 de julio del 2024; por último la acción con el mayor volumen de negociación en el mercado colombiano, la cual es la acción de la empresa Ecopetrol, identificada con el nemotécnico ECOPETROL.

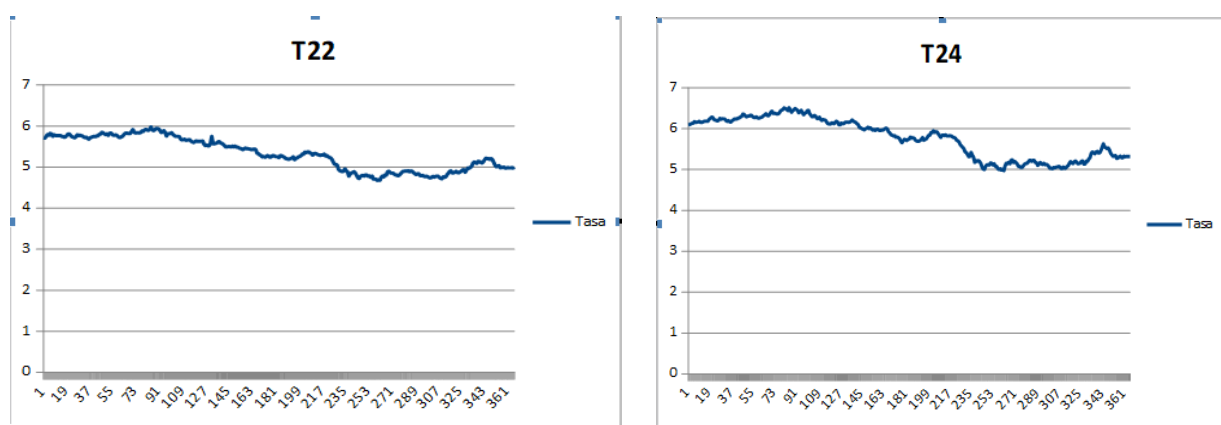
El comportamiento de sus datos, se realizó en una ventana temporal transcurrida a partir del 4 de julio del 2018 hasta el 27 de diciembre del 2019. Allí se recogió información de los precios diarios de la acción de Ecopetrol y las tasas de negociación de ambos bonos. En dicha ventana temporal, se logró captar 365 días de negociación disponibles, ya que el mercado colombiano no permite transacciones en fines de semana y días festivos. Para mostrar un poco del comportamiento de dichos activos se presenta la siguiente tabla:

	Precio (\$)	Tasa (%)	
FECHAS	ECOPETROL	T22	T24
04/07/2018	2930	5.718	6.10
05/07/2018	2895	5.71	6.10
06/07/2018	2935	5.75	6.12
09/07/2018	3000	5.79	6.13
10/07/2018	3020	5.77	6.13
11/07/2018	2955	5.82	6.17
12/07/2018	2945	5.81	6.16
13/07/2018	2965	5.75	6.16
16/07/2018	2940	5.79	6.17
17/07/2018	2960	5.77	6.18
18/07/2018	2965	5.77	6.16
19/07/2018	2950	5.77	6.15

Tabla 7. Rendimientos y tasas de los activos del portafolio (elaboración propia)

Según la información investigada en la normatividad nacional e internacional, se cumpliría con la cantidad mínima de datos para examinar el riesgo que son 200 observaciones. De igual forma se aprobaría las características del tipo de perfil del inversionista que es conservador diversificado, ya que se decide trabajar con la mayoría de activos de renta fija y se diversificaría incluyendo un activo de renta variable. En la proporción del dinero a invertir se le dará más importancia a los activos de renta variable (40% para cada tes), quedando un 20% para la acción de Ecopetrol. En el ejercicio investigativo se propone invertir un total de \$500 millones, por lo tanto se tendrán disponibles \$100 millones para las acciones de Ecopetrol y \$200 para cada uno de los bonos seleccionados.

Los activos seleccionados, tuvieron el siguiente comportamiento en el periodo de año y medio en la bolsa de valores colombiano:



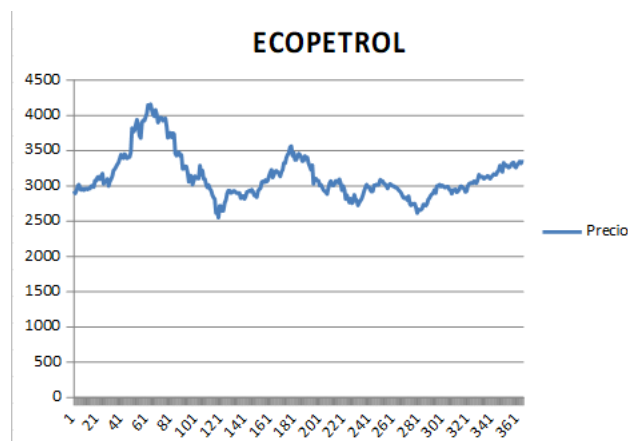


Ilustración 4. Rendimientos y tasas en la ventana de tiempo establecidas (elaboración propia).

Realizando análisis fundamental y gráfico de los precios y tasas de los activos seleccionados, podemos ver claramente cómo los bonos T22 y T24 tienen un comportamiento no tan cambiante como lo tiene la acción de Ecopetrol. De allí distinguimos la naturaleza de los activos, siendo así mucho más seguro invertir en los bonos de renta fija, lo cual para nuestro tipo de perfil es lo más adecuado.

Con el objetivo de realizar la evaluación del riesgo y analizar las diferentes variables se procede a calcular los retornos diarios a las series de datos de los activos. En el caso de la acción de Ecopetrol, la literatura en gestión del riesgo recomienda utilizar una tasa de cambio con la función de logaritmo natural.

A continuación se presenta una descripción estadística de los retornos de los activos reunidos en el portafolio trabajado:

Estadística descriptiva			
Indicador	ECOPETROL	T22	T24
Media	0.00034	-1.713E-05	-1.972E-05
Error típico	0.00098	1.7197E-05	1.7186E-05
Mediana	0	0	0
Moda	0	-1E-05	-5.46E-06
Desviación estándar	0.0188	1.0795E-07	1.0751E-07
Varianza de la muestra	0.0004	0.00032855	0.00032788
Curtosis	3.9972	4.59168259	4.66369442
Coeficiente de asimetría	-0.3045	-0.0930052	-0.0773652
Rango	0.1771	0.0036	0.0036
Mínimo	-0.0838	-0.0018	-0.0018
Máximo	0.0932	0.0018	0.0018
Suma	0.1235	-0.0062533	-0.0071791
Cuenta	366	365	365

Tabla 8. Estadística descriptiva de los rendimientos



La descripción estadística nos da una claridad respecto al riesgo que tienen los diferentes activos, allí podemos ver cómo la desviación y varianza en la acción de Ecopetrol es mucho más grande, esto debido a que es un activo de renta variable y más riesgoso para invertir, en cambio los bonos del 2020 y 2024 tienen valores mínimos en comparación.

Se calculó el VaR bajo la metodología de simulación Histórica (metodología no paramétrica), los datos históricos de una acción de Ecopetrol y dos bonos, en un horizonte de de la siguiente manera:

1. Se creó una tabla con fechas y datos correspondientes para cada uno, donde a partir del tratamiento histórico se mide la volatilidad del precio, calculo efectuado con la aplicación del logaritmo natural, cuyo resultado será nombrado como la rentabilidad diaria del activo.
2. Se calculó montos a precio de hoy, al tomar el último precio histórico por el exponencial de la rentabilidad diaria.
3. Obtener una nueva secuencia de posibles escenarios para el precio en un futuro de 1 día de manera que se obtenga la misma volatilidad que presento el dato históricamente.
4. Calcular el monto de la posición para cada precio simulado.
5. Calcular la pérdida o la ganancia de cada precio simulado al tomar la posición futura y restarle el monto ya preestablecido
6. A la matriz de pérdidas y ganancias se calcula el percentil que corresponde a un nivel de confianza del 95%, lo que deja un nivel de significancia de 5% con esta posición se encuentra el VaR porcentual.
7. Se calcula este VaR en unidades monetarias para poder interpretar el resultado.

,  
El cálculo del Var bajo la metodología de Simulación Monte Carlo, para este procedimiento se toma la misma tabla de fechas y resultados históricos previamente creada para la anterior simulación con un nivel de confianza establecido (NC) en un horizonte de tiempo de un 1 año y siete meses, junto con la serie histórica de los precios de la acción y los bonos.

1. Calcular la rentabilidad periódica del activo a través del logaritmo natural
2. Calcular el monto a precios de hoy
3. Se establece la distribución de probabilidad acumulada de la rentabilidad del activo
4. Al obtener una nueva secuencia de posibles probabilidades acumuladas para 1 día, se procede a calcular el precio correspondiente para cada escenario
5. Se calcula el monto de cada posición, es decir sacamos la pérdida o la ganancia correspondiente para cada rentabilidad simulada
6. Se calcula el percentil sobre el P&G que correspondía al nivel de confianza ya mencionado.
7. Calculamos el Var en unidades monetaria e interpretamos los datos.

A continuación se presentan los resultados del valor en riesgo utilizando las dos metodologías estudiadas, diferenciando por cada uno de los títulos y el Var total para el portafolio.

<b>Título</b>	<b>Simulación Histórica</b>	<b>Simulación Monte Carlo</b>
ECO	\$ (2,958,785)	\$ (2,754,281)
T 22	\$ (5,369)	\$ (4,736)
T 24	\$ (6,472)	\$ (5,431)
VaR total	(\$2,970,626)	(\$2,764,447)

Tabla 9. Resultados del VaR portafolio relacionado con las dos técnicas estudiadas (elaboración propia)

En la tabla anterior se puede ver qué tal es el riesgo para una acción de Ecopetrol, lo cual arroja un resultado mucho más negativo, debido a su naturaleza financiera, en cambio los bonos de renta fija tienen un valor de pérdida muy poca en relación a la acción. Los datos representan muy bien lo revisado en la literatura, por lo tanto, se aprueba con más fuerza las teorías financieras tratadas.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

- Revisando la normatividad asociada a la gestión del riesgo de mercado se hallaron metodologías apropiadas y estudiadas para la estimación del mismo. Por un lado la simulación histórica y la simulación Montecarlo, las cuales dan una aproximación de los valores que los inversores deben estimar para realizar planes de contingencia en su labor. Características propias como la cantidad mínima de días transaccionales para la ventana de datos, la cual debe ser 200 para estos ejercicios y que se tuvieron en cuenta para los resultados del presente trabajo.
- Diferenciando las características de los diferentes tipos de perfiles inversores en la bolsa, se logró identificar un portafolio que cumplía a la perfección con lo exigido inicialmente. Ya que se eligieron 3 activos, con naturaleza de riesgo diferente para la diversificación, en su mayoría de perfil conservador y todos del mercado de valores colombiano.
- El estado del arte entrega la revisión de la literatura relacionada con el estudio de metodologías no tradicionales para la estimación del riesgo de mercado. De allí se descubrió una amplia cobertura de autores y artículos relacionados al tema, con métodos y contextos variados. Se concluye en todos que la forma en que estadísticamente se trabajan los retornos de los activos relacionados en el portafolio es

lo más importante, debido a que de allí se desprenden variables muy importantes relacionadas con el riesgo, como lo son la kurtosis, la varianza y demás. Así que los esfuerzos se deben enfocar a visualizar de manera probabilista apoyado de simulaciones que nos permitan predecir cuántas pérdidas se pueden tener en un intervalo de tiempo determinado con un nivel de confianza establecido.

Las cópulas son un método alternativo que puede ser objeto de estudio ya que tienen una gran acogida por su gran descripción de la relación en los activos, utilizando análisis multivariado de los rendimientos y creando una distribución conjunta a la cuál se le podría medir las máximas pérdidas posibles. De esta metodología existen varias familias, sin embargo se concluye por la revisión en literatura que las cópulas elípticas son las más apropiadas para este mercado, ya que por su normalidad o poco riesgo y volumen de negocio se ajustarían más a la realidad.

- El VaR histórico permite crear una serie de hipotéticos simulados basados en los resultados de un periodo de tiempo de un año y siete meses, con lo cual se obtienen resultados confiables siempre y cuando los lapsos de tiempo estudiados sean semejantes al presente que queremos llevar, nuestra probabilidad de tener un dato confiable está basado en nuestra elección de datos. También, puede ser altamente dependiente de supuestos que se manejen en la simulación en especial de las correlaciones que se realizan en este.

La simulación histórica es un método no paramétrico con el cual se comprobó que su principal ventaja es su aplicación estadística, sencilla ya que para determinar el VaR simplemente se calcula el percentil deseado en el histograma realizado, fueron datos estadísticos de fácil aplicación con un análisis amigable.

Con la simulación Monte Carlo encontramos una simulación que nos permite tener altos estándares de confianza, pero estos dependen proporcionalmente a la cantidad de iteraciones realizadas en el ejercicio, ya que si queríamos alcanzar un nivel alto de éxito se debe aumentar las iteraciones.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

La aplicación del Var con simulación histórica permite tener resultado sencillos a la interpretación pero su porcentaje de acertividad depende de los periodos de tiempo que se tomen como estudio, ya que se debe buscar datos históricos que se asemejen al máximo riesgo presente en la acción. Por lo cual se recomienda que la aplicación de este sea acompañada de otras pruebas de Stress o retroalimentación con datos reales, Backtesting.

## **CAPÍTULO VII: TRABAJOS FUTUROS**

La realización de este proyecto es una oportunidad para trabajos futuros en categoría máster, ya que permite un gran paso a la evaluación del riesgo de mercado utilizando las distintas cópulas, coparándolas con las metodologías tradicionales estudiadas aquí en este trabajo. También se podría trabajar como en otras literaturas, la evaluación del mismo en periodos más largos del tiempo para lograr modelar con más precisión el comportamiento de los activos y evaluar su riesgo.

A esto se le puede añadir dinamizar el estudio a más perfiles de inversión, donde se diferencie el riesgo por sus diferentes características. Por lo tanto se podrían cambiar estas diferentes vistas del contexto financiero para ver el comportamiento de la técnica y así especificar su validez dependiendo de los valores iniciales del modelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, P., Benito, S., & López, C. (2014). A comprehensive review of Value at Risk methodologies. *Spanish Review of Financial Economics*, 12(1), 15–32.  
<https://doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001>
- Ali, G. (2013). EGARCH, GJR-GARCH, TGARCH, AVGARCH, NGARCH, IGARCH and APARCH Models for Pathogens at Marine Recreational Sites. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 2(3), 57–73. Retrieved from  
[http://www.scienpress.com/upload/jsem/vol\\_2\\_3\\_6.pdf](http://www.scienpress.com/upload/jsem/vol_2_3_6.pdf)
- Alonso, J. C. (2005). Introducción al cálculo del VaR. Retrieved from  
<https://www.icesi.edu.co/departamentos/economia/publicaciones/docs/Apencon7.pdf>
- Alonso, J. C., & Semaán, P. (2009). Cálculo del Valor en Riesgo y Pérdida Esperada mediante R : Empleando modelos con volatilidad constante. *Apuntes de Economía*, (21), 1–15.
- Ávila, J. J. S. (2009). Metodologías de medición del riesgo de mercado. *Innovar*, 19(34), 187–199.
- Banco de la república cultural. (n.d.). Mercado bursátil | banrepcultural.org. Retrieved May 25, 2017, from  
[http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/mercado\\_bursatil](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/mercado_bursatil)
- Banco Santander. (n.d.). Retrieved May 22, 2017, from  
[https://www.santander.com.uy/Select/Inversiones/perfil\\_inversion.asp](https://www.santander.com.uy/Select/Inversiones/perfil_inversion.asp)
- Bank for International Settlements. (2006). Carta estatutaria. Retrieved from  
[http://www.bis.org/bcbs charter\\_es.pdf](http://www.bis.org/bcbs charter_es.pdf)
- BBVA. (2016). ¿Qué es un CDT? Cómo Funciona y Sus Características - Blog BBVA Colombia. Retrieved May 25, 2017, from  
<https://www.blogbbva.com.co/evolucion/inversion/que-es-un-cdt/>
- CaixaBank. (2010). La volatilidad en los mercados, 2010. Retrieved from  
<https://www.caixabank.com/deployedfiles/caixabank/Estaticos/PDFs/AprendaConCaixaBank/aula753.pdf>
- CNV. (2007). Acciones Educación Mercado de Capitales. Retrieved from  
<http://www.cnv.gob.ar/EducacionBursatil/versionpdf/Acciones.pdf>
- Committee on Banking Supervision, B. (2010). Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios. Retrieved from  
[http://www.bis.org/publ/bcbs189\\_es.pdf](http://www.bis.org/publ/bcbs189_es.pdf)
- Davivienda. (2016). Sistema de Administración de Riesgo de Mercado – SARM - Corredores DaviviendaCorredores Davivienda. Retrieved May 24, 2017, from  
<https://www.daviviendacorredores.com/2015/11/sistema-de-administracion-de-riesgo-de-mercado-sarm/>
- De Lara, A. (2008). *Medición y control de riesgos financieros*. Limusa.
- Díaz Moreno, J. D., & Henao Hurtado, M. (2015). Evaluación de metodologías tradicionales para el cálculo del valor en riesgo (VaR) en un portafolio conservador diversificado en el mercado de valores de Colombia.
- Efxto. (2017). Riesgo cambiario, de divisa o de tipo de cambio | ¿De qué se trata? Retrieved May 22, 2017, from <https://efxto.com/diccionario/riesgo-cambiario-de-divisa-o-de-tipo-de-cambio>

- Fan, X., Zhou, Y., Li, H., Li, Y., Jin, Z., & Liu, Z. (2011). Approaches to VaR. *Stanford.Edu*, 1–44. Retrieved from [https://www.stanford.edu/class/msande444/2012/MS&E444\\_2012\\_Group2a.pdf](https://www.stanford.edu/class/msande444/2012/MS&E444_2012_Group2a.pdf)
- Finanzas en línea. (2014a). Finanzas en Línea: ¿Qué es un Portafolio de Inversión? Retrieved May 22, 2017, from <http://www.finanzasenlinea.net/2014/02/que-es-un-portafolio-de-inversion.html>
- Finanzas en línea. (2014b). Finanzas en Línea: Perfil de Riesgo del Inversionista. Retrieved May 22, 2017, from <http://www.finanzasenlinea.net/2014/02/perfil-de-riesgo-del-inversionista.html>
- Fradique-Méndez, C. L., & Abogados, U. (2014). GUÍA DEL MERCADO DE VALORES. Retrieved from [http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Guia\\_Mercado\\_Valores?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-7ca0c036\\_147b6b20b27\\_5e970a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesv](http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Guia_Mercado_Valores?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-7ca0c036_147b6b20b27_5e970a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesv)
- Gento Marhuenda, P. (2001). Evaluación de modelos VaR alternativos.
- Gitman., L. J. (2013). *Princípios de administração financeira. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Glosten, L. R., Jagannatan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks. *The Journal of Finance*, 48(5), 1779–1801. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x>
- J.P.Morgan. (2014). Gestión del Riesgo Operacional, 1–4. Retrieved from <https://www.jpmorgan.com/jpmpdf/1320694344011.pdf>
- Jorion, P. (2007). Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk. *New York*, 71464956, 602. <https://doi.org/10.1007/s00362-009-0296-7>
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Mascareñas, J. (1994). Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/50730547/Riesgo-Financiero-PDF>
- Mateos-Aparicio, G. (2002). Historia de la Probabilidad (desde sus orígenes hasta Laplace) y su relación con la Historia de la Teoría de la Decisión. *Historia de La Probabilidad Y de La Estadística*, 308. Retrieved from <http://www.ahepe.es/Documentos/IJornadas-Madrid2001/HISTORIA DE LA PROBABILIDAD Y LA ESTADISTICA I.PDF>
- Mendizabal Zubeldia, A., Miera Zabalza, L., & Zubia Zabiaurre, M. (2002). El modelo de Markowitz en la gestión de carteras. *Cuadernos de Gestión Vol. 2.*, 2(1), 33–46. <https://doi.org/10.1007/s12615-009-9018-0>
- Palaro, H. P. H., & Hotta, L. K. L. (2006). Using Conditional Copula to Estimate Value at Risk. *Journal of Data Science*, 4, 93–115. <https://doi.org/10.2139/ssrn.818884>
- Plascencia, T. (2010). *Valoración del riesgo utilizando copulas como medida de la dependencia: aplicación al sector financiero mexicano (2002-2008)*. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/11121/1/T32093.pdf>
- Plascencia, T. (2012). Valor en Riesgo utilizando cópulas financieras : aplicación al tipo de cambio mexicano ( 2002-2011 ), 7(7), 57–68.
- PowerData. (2013). ¿Qué son los acuerdos de Basilea? Basilea I, Basilea II y

- Basilea III. Retrieved June 7, 2017, from <http://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/bid/307125/qu-son-los-acuerdos-de-basilea-basilea-i-basilea-ii-y-basilea-iii>
- SFC. (2014). Superintendencia financiera de colombia código de gobierno corporativo. Retrieved from [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/codbuengob2014 \(3\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/codbuengob2014%20(3).pdf)
- SFC. (2017). Superintendencia Financiera de Colombia. Retrieved June 7, 2017, from <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=20492>
- Sivz. (n.d.). Diferencia entre la varianza y covarianza. Retrieved May 25, 2017, from <http://www.sivz.com/Diferencia-entre-la-varianza-y-covarianza-q103018>
- Sklar, A. (1959). Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. *Publ. Inst. Statist. Univ. Paris*, 8, 229–231. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33590-7>
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2007). TÍTULO DE RENTA FIJA, TÍTULO A TASA FIJA, CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS – BONO, CONCEPTO, EMISIÓN POR AGENTES EXTRANJEROS. Retrieved May 25, 2017, from <https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/Normativa/Conceptos2007/2007060824.pdf>
- Svarzman, M. (2004). Basilea II: un gran incentivo a la gestión de riesgos. 2004. Retrieved from <http://www.basilea2.com.ar/Articulos.asp?id=1>

## ANEXOS

### Anexo 1 Glosario

**Rendimiento:** Ganancia o pérdida de total experimentada sobre una inversión durante un período específico (Gitman., 2013).

**Mercado bursátil:** es un tipo particular de mercado, el cual está relacionado con las operaciones o transacciones que se realizan en las diferentes bolsas de valores alrededor del mundo. En este mercado, se realizan operaciones con títulos valores como lo son las acciones, los bonos, los títulos de deuda pública, entre otros (Banco de la república cultural).

**Covarianza:** en teoría estadística, indica el grado de cambio de dos variables aleatorias en otras palabras, es la medida de la correlación entre dos variables aleatorias. Cuando ambas variables aleatorias cambia proporcionalmente, en la misma dirección, la covarianza es positiva y viceversa (Sivz).

**CDT's:** Un CDT es un certificado de depósito a término fijo, es decir un documento en el que consta que has dejado a cargo del banco un dinero por un tiempo determinado y que luego de que este tiempo transcurra podrás recibirlo de vuelta junto a una suma adicional producto de la rentabilidad (BBVA, 2016).

**Bono:** Un bono es una forma de tomar un crédito. Los gobiernos y las empresas emiten bonos en forma de títulos o certificados por medio de los cuales se comprometen a devolver al comprador del bono una cantidad específica de dinero correspondiente al valor inicial del bono más unos intereses (Banco de la república cultural)

**Acción:** Las acciones son valores negociables de renta variable que representan la fracción o parte alícuota mediante la cual una persona física o jurídica participa en el capital social de una sociedad anónima o sociedad comercial por acciones (CNV, 2007).